

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр
ОХРИМЕНКО

« ____ » _____ 20 ____ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему:

«Круг суперабразивний для оброблення профілю твердосплавних мітчиків»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи МІ-61-1

Кузіна Ганна Віталіївна _____

Керівник:

Доцент, к.т.н. Джулій Д.Ю. _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП 61-1. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	91	
3	A1	ДП 61-1. 01.000 ТК	Абразивне оброблення профілю твердосплавного мітчика	1	
4	A1	ДП 61-1. 02.000 ТК	Конструювання шліфувального круга та створення 3Д моделі	1	
5	A1	ДП 61-1. 03.000 ТК	Технологічний процес	1	
6	A1	ДП 61-1. 04.000 ТК	Формування різьби алмазоносного шару роликком та кругом карбіду кремнію зеленого	1	
7	A1	ДП 61-1. 05.000 ТК	Збірний кресленик цангового розтискного патрону	1	
8	A1	ДП 61-1. 06.000 ТК	Оброблення корпусу деталі на верстаті з ЧПК	1	

				ДП 61-1.00.000.ТК		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Кузіна Г.В.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Джулій Д.Ю.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. 131 Гр. МІ 61-1	
Н/контр.						
Зав.каф.	Охріменко О.А.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему:
«Круг суперабразивний для оброблення профілю
твердосплавних мітчиків»**

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Кузіна Ганна Віталіївна

1. Тема проєкту «Круг суперабразивний для оброблення профілю твердосплавних мітчиків», керівник проєкту Джулій Дмитро Юрійович, доцент, к.т.н.

затверджені наказом по університету від «20» травня 2020 р. №1120-с

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту: оброблення твердого сплаву ВК8, форма профілю спеціальної різьби.

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз оброблюваної поверхні твердосплавного мітчика, проектування різьбонарізного круга форми 1А1, проектування технологічного процесу виготовлення суперабразивного круга, розроблення технологічного оснащення, дослідження процесу формування профілю різьби на крузі, розроблення керуючої програми для виготовлення диска круга на верстаті з ЧПК.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Синтез конструкції абразивного круга для оброблення профілю твердосплавного мітчика, креслення абразивного круга, етапи створення 3Д моделі та 3Д модель круга, Зображення окремих операцій технологічного процесу виготовлення круга, формування різьби алмазозносного шару роликком та кругом карбіду кремнію зеленого, креслення пристосування та 3Д модель, створення керуючої програми для виготовлення круга на верстаті з ЧПК.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз профілю різьби на твердосплавному мітчику.	23.03.2020	
2	Методи оброблення профілю спеціальної різьби.	30.03.2020	
3	Підбір характеристик абразивного круга та синтез конструкції абразивного круга.	6.04.2020	
4	Створення моделі в САД системі та складальних, робочих креслень.	13.04.2020	
5	Проектування технологічного процесу виготовлення круга.	20.04.2020	
6	Дослідження процесу формування різьби при виготовленні суперабразивного круга.	27.04.2020	
7	Розроблення технологічного обладнання для виготовлення абразивного круга.	3.05.2020	
8	Розроблення керуючої програми для верстату з ЧПК.	20.05.2020	
9.	Оформлення записки та листів.	08.06.2020	

Студент

Кузіна Ганна

Керівник

Джулій Дмитро

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Олександр ОХРІМЕНКО

"__" "__" 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Круг суперабразивний для оброблення профілю твердосплавних мітчиків.
Зміст проєкту	Розробити конструкцію круга суперабразивного для оброблення профілю різьби твердосплавного мітчика.
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none">1. Оброблюваний матеріал – твердий сплав ВК8;2. Матеріал корпусу круга – алюміній АК6 (прокат), абразивний шар – зв’язка В2-013. Характеристики оброблюваної деталі:<ul style="list-style-type: none">- Крок різьби $T = 4,2$ мм;- Радіуси заокруглення $R = 0.2$ мм. та $R = 0.5$ мм;- Зовнішній діаметр -\varnothing 150 мм, діаметр впадин – \varnothing 147 мм.4. Конструкція круга – багатонитковий, кількість ниток – 2.5. Встановлення круга – цанговий патрон.
Особливі вимоги	Оброблення спеціальної різьби твердосплавного мітчика-свердла

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ	
СП	<p>Аналіз оброблюваної поверхні.</p> <p>Синтез конструкції абразивного різьбошліфувального круга для оброблення різьби твердосплавного мітчика – свердла.</p> <p>Схеми оброблення різьб абразивними кругами.</p>	
ОП	<p>Робоче креслення круга,</p> <p>3Д модель круга.</p> <p>Складальне креслення круга з оправкою.</p>	
ТС	<p>Ескізи технологічних операцій:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Точіння «ступиці» та свердління посадкового отвору; - Зточення «ступиці»; - Вскриття алмазоносного шару; - Профілювання алмазоносного шару. 	
КС	<p>Пристосування для оброблення різьби на твердосплавному інструменті.</p>	
СС	<p>Розроблення операції оброблення на верстаті з ЧПК.</p>	
ДС	<p>Визначення впливу напрямку обертання ролику та круга карбіду кремнію зеленого на шорсткість абразивного круга</p>	
<p>Студент _____</p> <p>Керівник _____</p>		<p>дата " __ " _____ "20__ р</p> <p>дата " __ " _____ "20__ р</p>
<p>Прийняті позначення:</p> <p>СП – стан питання</p> <p>ОП – об'єкт проектування</p> <p>ТС – технологічна складова</p>		<p>КС – конструкторська складова</p> <p>СС – спеціальна складова</p> <p>ДС – дослідницька складова</p>

Анотація

Проект присвячений розробленню різьбонарізного круга для оброблення твердого сплаву ВК8. За результатами аналізу стану питання були обрані наступні характеристики: форма круга 1А1, матеріал корпусу алюміній АК6 (прокат), зв'язка алмазна на органічній основі марки В2-01, концентрації 125% та розміру зерна 40/28 мкм.

Розроблена технологія виготовлення шліфувального круга. Розраховані режими різання для використовуваних інструментів. Розроблено пристосування та його удосконалення для зменшення похибок при використанні інструменту.

Інструмент був змодельований в програмі Inventor.

Ключові слова: різьбонарізний круг, шліфування, зв'язка, шорсткість, твердий сплав

Summary

The project is dedicated for the development of the thread profiling diamond wheel in tungsten carbide alloys such as VK8. According to the analyses the 1A1 shape of the grinding wheel was chosen as a base for the development, the body material is aluminum type AK6, resin bond type B2-01, concentration of diamond powder is 125% (C5), diamond powder size 40/28 microns.

The production of the wheel process is developed. The grinding conditions and usage are calculated. The special tool for better usage condition is developed, also it helps to get less mistakes in usage of the wheel.

The tool was created and simulated in the Inventor program.

Key words: thread cutting wheel, grinding, roughness, hard alloy.

ЗМІСТ

Вступ.....	11
1. АБРАЗИВНЕ ОБРОБЛЕННЯ ПРОФІЛЮ ТВЕРДОСПЛАВНОГО МІТЧИКА-СВЕРДЛА	12
1.1 Аналіз оброблюваних поверхонь твердосплавного мітчика-свердла	12
1.2 Характеристики абразивного різбошліфувального круга форми 1А1	19
1.3 Вплив абразивного зерна на якість оброблюваної поверхні.....	24
2. ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЬБОНАРІЗНОГО ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА ФОРМИ 1А1	29
2.1 Характеристики абразивного круга для оброблення профілю різьби на твердосплавному мітчику-свердлу.....	29
2.2 Створення круга в САД системі Inventor.....	36
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУПЕРАБРАЗИВНОГО КРУГА.....	42
3.1 Вибір заготовки	42
3.2 Базовий технологічний процес	43
3.3 Маршрутний технологічний процес.....	44
3.4. Розрахунок припуску та режимів різання.....	50
4. РОЗРОБКА ВЕРСТАТНОГО ОСНАЩЕННЯ	53
4.1 Базові методи закріплення абразивного круга на шпинделі верстата	53
4.2 Розрахунковий аналіз оснащення	55
5. ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛЮ РІЗЬБИ НА СУПЕРАБРАЗИВНОМУ КРУЗІ ЗА ДОПОМОГОЮ КРУГА КАРБІДУ КРЕМНІЮ ЗЕЛЕНОГО	58
6. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ОБРОБЛЕННЯ КОРПУСУ КРУГА НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК	61
ВИСНОВКИ	64
ДОДАТКИ	68

Вступ

Сучасні технології машинобудування дозволяють з легкістю обробити будь який матеріал, для цього розроблено чимало інструментів, один з них – шліфувальний круг.

Завдяки шліфуванню було подолано чимало проблем, таких як: відрізання заготовок, формування профілю деталей, заточення інструменту, й нарешті нарізання різьби спеціального профілю на твердосплавному інструменті.

Профільне шліфування – це обробка поверхні, утворюючи якої представляє собою криву чи ламану лінію, це метод при якому обробка поверхонь здійснюється інструментом що постійно обертається – шліфувальним кругом.

Шліфування використовується для видалення певного шару металу, придання потрібної форми заготовці, отримання заданих кресленням розмірів та форми деталі, потрібної шорсткості поверхні.

Різьбошліфування являється одним з різновидів профільного шліфування [1]. При правильному виборі зв'язки можна легко досягнути високої точності й шорсткості поверхні деталі.

Метою даного дипломного проекту є дослідження характеристик круга, його зв'язки, типу оброблення, для нарізання спеціальної різьби на мітчику-свердлу з твердого сплаву ВК8.

Для досягнення даної мети потрібно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати характеристики твердого сплаву;
2. Визначити методи оброблення твердого сплаву шліфувальним кругом;
3. Підібрати характеристики шліфувального круга (зв'язка, тип корпусу тощо.);
4. Розробити програму для виточення корпусу круга на верстаті з ЧПК;

1. АБРАЗИВНЕ ОБРОБЛЕННЯ ПРОФІЛЮ ТВЕРДОСПЛАВНОГО МІТЧИКА-СВЕРДЛА

1.1 Аналіз оброблюваних поверхонь твердосплавного мітчика-свердла

Комбінований інструмент – мітчик-свердло дає можливість поєднати процес нарізання різьби та свердління, що значно підвищує продуктивність. Застосування мітчика-свердла можливо при нарізанні наскрізних отворів, без примусової подачі, при умові, що мітчик вступає в процес оброблення матеріалу після виходу свердла з отвору. У іншому разі, свердло має працювати з подачею, що дорівнює кроку нарізання різьби [2].

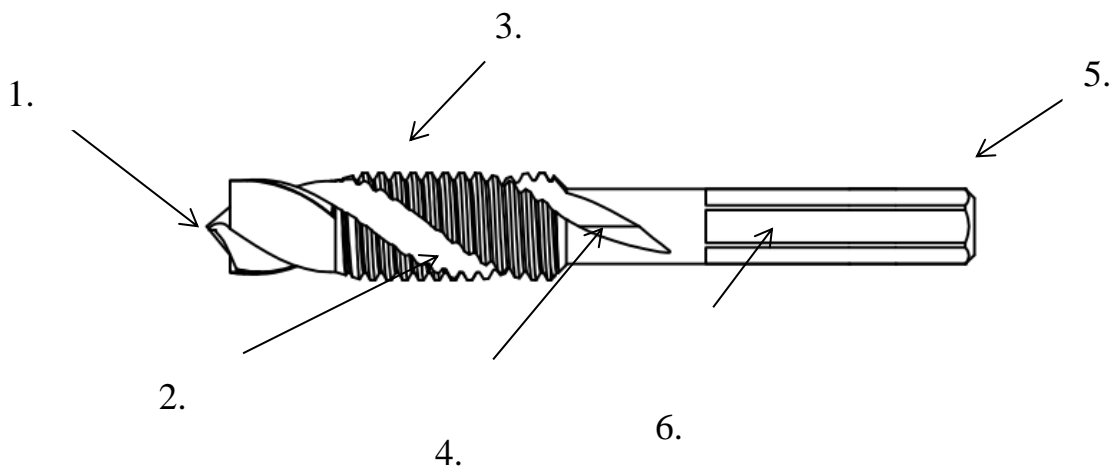


Рисунок 1.1 – Основні елементи мітчика-свердла: 1) серцевина, 2) стрічка, 3) різальна частина, 4) перо, 5) квадрат, 6) хвостовик

Складність виготовлення даного мітчика-свердла полягає у формуванні різальної частини, а саме, в утворенні різьби, оскільки він виготовляється з твердого сплаву, різьба має бути високої точності, а її формування має виконуватись по гвинтовій поверхні.

Твердий сплав – являє собою один з основних інструментальних матеріалів, котрий забезпечує високопродуктивне оброблення матеріалу різанням. Розрізняють спечені й литі тверді сплави, особливість перших, полягає в тому, що вони виготовляються методом порошкової металургії та піддаються лише обробленню шліфуванням чи фізико-хімічними методами

оброблення, а саме оброблення ультразвуком, травлення в кислотах, лазерне оброблення та інше, литі ж призначені для наплавлення, тому вони проходять не тільки механічну, а й термічну обробку, таку як відпал чи старіння [3].

Сучасні тверді сплави можна поділити на чотири групи:

- Вольфрамокобальтові (WC-Co) – однокарбідні тверді сплави (група ВК);
- Титановольфрамокобальтові (WC-TiC-Co) – двокарбідні тверді сплави (група ТК);
- Титанотанталовольфрамокобальтові (WC-TiC-TaC-Co) – трикарбідні тверді сплави (група ТТК);
- Безвольфрамові тверді сплави, на основі TiC і TiCN з різними зв'язками, ще вони мають назву кермети, вони містять в своєму складі карбонітриди титану (TiCN) та його карбіди (TiC), що пов'язані з нікельмолібденовою основою [3].

Усі марки твердих сплавів, що належать до вище представлених груп, містять у своєму складі карбіди вольфраму та кобальт. Останній є гарантом міцності твердого сплаву і його різальних властивостей: чим більший вміст кобальту, тим вище міцність сплаву, ударна в'язкість, пластична деформація але твердість, зносостійкість, теплостійкість значно при цьому знижуються, через зменшення в ньому вмісту карбідів.

За призначенням тверді сплави можна класифікувати як:

- К – обробка легованих сталей та інших сплавів;
- Р – для сталевих виливків, матеріалів в яких при обробці утворюється зливна стружка;
- М – для обробки важкооброблюваних матеріалів [4].

В даному розділі буде звернена увага саме на WC-Co групу, оскільки саме цей сплав, даної групи, буде оброблюватися різьбошліфувальним кругом, а саме ВК8 (92% вольфраму та 8% кобальту). WC-Co має двофазну

структуру, що складається з ділянок зв'язуючої фази (кобальт, в який входять вольфрам та вуглець) та карбідів вольфраму.

Сплави даної групи рекомендуються, зазвичай, для обробки матеріалів, що дають дискретні типи стружок (елементна чи стружка надлому – складається з окремих шматочків випадкової форми, що не пов'язані між собою, утворюється при оброблюванні крихких матеріалів [5]): важкооброблювані матеріали (жароміцні сплави (на основі титану та нікелю), корозостійкі високоміцні сплави, також, коли необхідно обробити деталі з конструкційних сталей з низькою жорсткістю системи ВПД (Верстат, Пристосування, Інструмент, Деталь), для роботи з ударами та при переривчастому різанні, в обробленні крихких матеріалів: чавуни, кольорові метали, склопластики.

За однакового вмісту кобальту різальні та фізико-механічні властивості, в значній мірі, визначаються зернистістю фази карбіду, а саме, середнім розміром зерен карбіду вольфраму. Зі збільшенням розміру зерен WC-Co фази, такі властивості як: модуль пружності, твердість, опір абразивного зношування та стійкості при різанні чавуну зменшується, а межа міцності зростає.

Сучасні технології отримання твердосплавних виробів дозволяють отримати тверді сплави, в яких середній розмір зерна карбіду може змінюватись в діапазоні від мікрона до 10-15 мкм. Дана закономірність використовується для створення сплавів за різним призначенням та необхідними властивостями [4].

При обробленні робочої частини мітчика-свердла потрібно прийняти до уваги складність оброблення твердого сплаву ВК8, та обрати найточніший спосіб формування профілю спеціальної різьби.

Сплав ВК8 характеризується високою твердістю, що не властива іншим матеріалам. Термічна стійкість дозволяє використовувати його в умовах підвищених температур, а також при великих частотах обертання інструменту без необхідності виконання зупинок. Високі технічні

характеристики гарантують збереження працездатності при динамічному впливі і вібрації. Фізичні характеристики сплаву визначаються на підставі хімічного складу і величин зерен.

Тож найкращий варіант оброблення даного матеріалу – саме шліфування.

Сучасні технології пропонують декілька варіантів оброблення різьби на деталі мітчик-свердло:

1. Алмазним кругом на металевій зв'язці;
2. Абразивним кругом на органічній зв'язці;

В першому випадку, за допомогою алмазного круга можна легко обробити, не тільки твердий сплав, а й бетон чи каміння, він з легкістю заточує поверхню зменшуючи витрату твердого матеріалу, проте потрібно обрати правильно зв'язку, а саме на алюмінієвій основі.

В другому випадку, оброблення абразивним кругом є більш м'яким, що забезпечує високу точність та меншу шорсткість. За допомогою абразивних кругів можна обробити не тільки твердий сплав, але й матеріали напівпровідники, кераміку, швидко загартовану сталь.

Завдяки органічній зв'язці можна зробити будь-який профіль різьби, й легко зробити перепрофілювання, у випадку затуплення кутів на профілі круга [6].

Таблиця 1. – Порівняльні характеристики зв'язок [7]

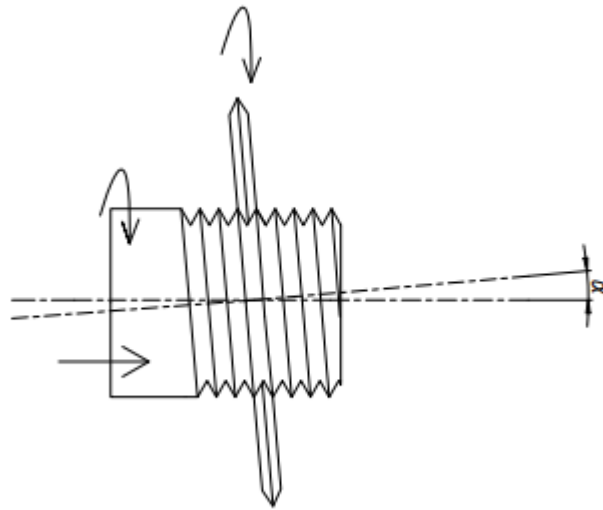
Тип зв'язки	Марка	Рекомендовані операції
Органічна	B1-01, B1-03, B1-04	Профільне шліфування, напівчистове та чистове шліфування, заточування твёрдосплавного інструменту
Органічна (алмаз з покриттям)	B2-01, B1-03, B1-04	Чистове заточування твёрдосплавного інструменту, без охолодження, чистове шліфування

нікелем)		твердосплавного інструменту
Органічна (алмаз без покриття)	B2-01, B3-16	Доведення шліфуванням, заточування, полірування твердосплавного інструмента та деталей
Металічна підвищеної продуктивності	M3-12	Напівчистове високопродуктивне шліфування твердосплавного інструмента
Металічна підвищеної стійкості	M2-01, M2-02, M2- 05	Напівчистове та профільне шліфування твердосплавного інструменту

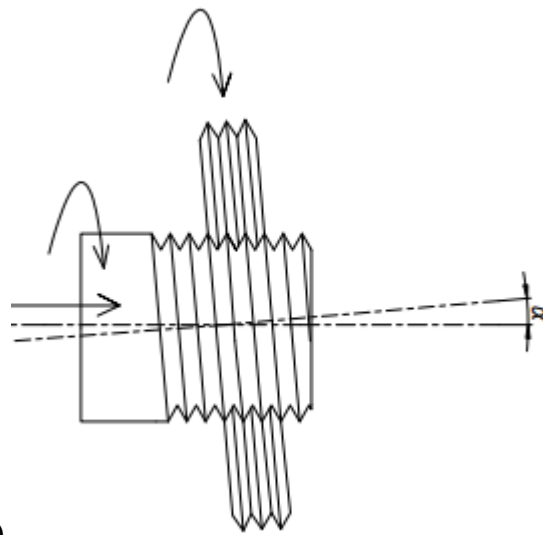
Круг має рухатись по гвинтовій поверхні, забезпечуючи утворення зубчиків різьби, дана операція може ефективно виконуватись лише на верстатах з числовим програмним забезпеченням.

Нарізання різьби може відбуватися за наступними методами (рис 1.2):

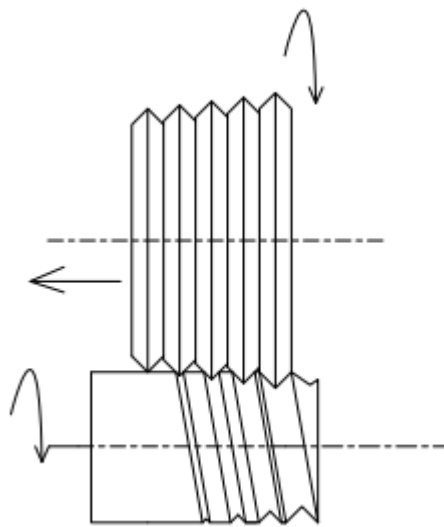
1. Нарізання одностороннім кругом – вісь обертання інструменту встановлюється під певним кутом α до осі обертання заготовки, що дорівнює куту підйому гвинтової лінії різьби. Цим методом можна шліфувати різьби різного профілю й довжини з високою точністю (рис. 1.2 а);
2. Нарізання багаторічковим циліндричним кругом – осі абразивного круга та заготовки встановлюють паралельно, різне шліфування використовують для оброблення коротких різьб та деталей з кільцевою нарізкою (рис.1.2 б) [8];
3. Нарізання багаторічковим конічним кругом чи кругом з забірною частиною – нарізання довгих різьб на прохід, з попереднім шліфуванням (Рис.1.2 в, г);



a)



б)



B)

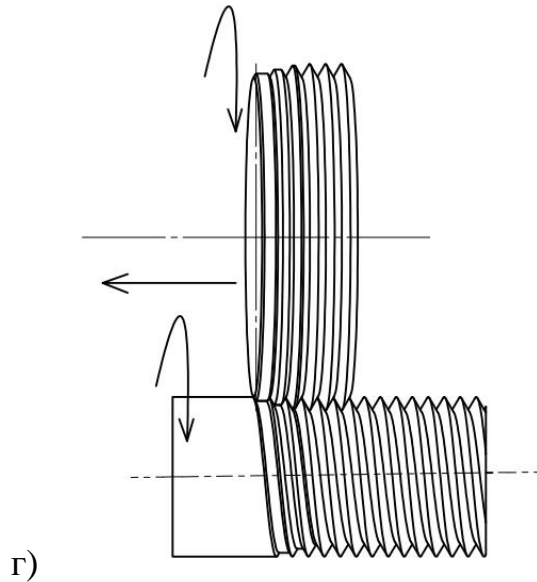


Рисунок 1.2 – Методи оброблення різьби одно-, дво- та багатонитковими кругами

Точність нарізання різьби багатонитковим кругом нижча за точність нарізання однопітковим та двопітковим кругом. При врізанні багатонитковим циліндричним кругом відхилення по кроку складає 10 мкм на половину кута - $10'$, за середнім діаметром 10 мкм, а кінцевим 8 мкм на кут профілю - $8'$, також, за середнім діаметром 10 мкм [9].

Оброблення мітчика-свердла можливо не лише однопітковим кругом, а й двопітковим, оскільки ці методи забезпечують найбільшу точність. Даний абразивний круг є двопітковим, оскільки завдяки другій нитці різьби значно підвищується продуктивність оброблення деталі, зберігаючи при цьому потрібну шорсткість оброблюваної поверхні.

Візьмемо, як приклад, профіль різальної частини стандартизованого круга форми 1A1, зі стандартними значеннями, з розміром фракції зерна 60/40 мкм, оскільки профіль не має жодних заокруглень (рис 1.3).

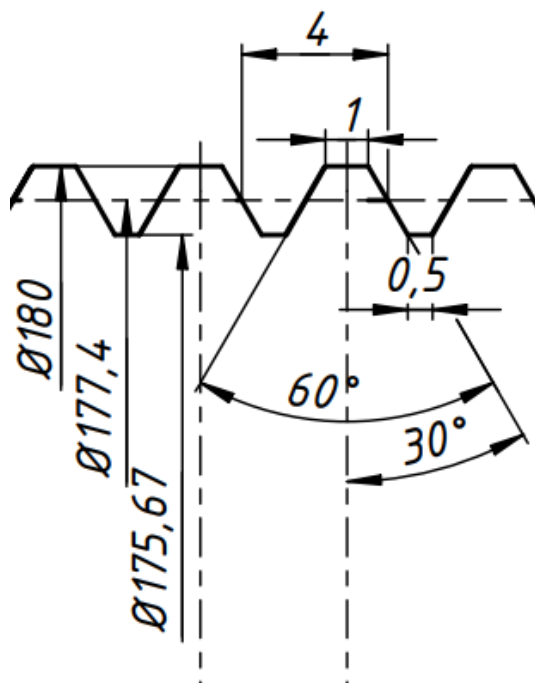


Рисунок 1.3 – Профіль абразивного круга зі стандартною метричною різьбою

Для оброблення твердого сплаву доцільно використовувати алмазний круг на органічній зв'язці, оскільки це забезпечить необхідну величину швидкості оброблення та задану величину параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь інструменту. Оскільки критичним є забезпечення високої точності різьби, ефективним буде використання саме двониткового круга, оскільки він має високу продуктивність в порівнянні з одонитковим, а також вищу точність.

1.2 Характеристики абразивного різьбошліфувального круга форми 1A1

Шліфування мітчика-свердла, це доволі складний процес, оскільки потрібно зберегти високу точність та шорсткість оброблюваної поверхні. Оброблення здійснюється шліфувальним кругом, який своєю зернистою структурою видаляє тонкий шар з поверхні деталі. Такий результат забезпечує високу точність, гладкість і чистоту покриття поверхні готових виробів після шліфування. По мірі затуплення при шліфуванні абразивні

зерна врізаються в матеріал з великим зусиллям, тиск на них зростає внаслідок цього зерна руйнуються [10].

При правильному виборі круга відбувається самозагострювання, тобто повне відновлення різальних властивостей круга в процесі роботи. Це вигідно відрізняє шліфувальний круг від інших видів різальних інструментів.

Шліфувальним кругом можна знімати дуже тонкий шар матеріалу, тому шліфування застосовують для отримання остаточних розмірів і високої чистоти поверхні оброблюваних деталей [11].

Для оброблення твердого сплаву потрібно підібрати зв'язку, склад якої буде підходити не тільки для оброблення заготовки, а й для подальшого легкого перепрофілювання деталі.

Існує два види надтвердих матеріалів – (КНБ порошок) оснований на кубічному нітриді бору та (АС порошок) в основі якого лежить синтетичний алмаз, вони характеризуються високими абразивними властивостями.

В даному випадку, взято органічну зв'язку на основі синтетичного алмазу (АС – порошок), оскільки (КНБ – порошок) є недоцільним, через його високу здатність до «засалювання» круга, тобто забиття пор зв'язки матеріалом заготовки та стружкою [12].

Таблиця 2 – Порівняльні характеристики АС та КНБ порошку [12]

Властивості	АС	КНБ
Мікротвердість, ГПа	84,4-98,4	78,5-98,1
Щільність г/см ³	3,48...3,56	3,45...3,49
Коефіцієнт теплопровідності при t=0°C	146,6	41,9
Температурна межа стійкості, °C	700...800	1300...1500
Модуль пружності, ГПа	900	720

Межа міцності, ГПа		
на згин	0,21...0,49	
на стиск	2	0,5
Питома теплоємність, Дж/кг	502,8	670,4
Коефіцієнт лінійного розширення, $^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 10^{-4}$	0,9-1,45	2,1-2,2

Однією з характеристик абразивного інструменту з надтвердих матеріалів є відносна концентрація матеріалу, що являє собою вміст матеріалу в одиниці об'єму абразивного шару, що виражається у відсотках. Незалежно від виду використовуваної зв'язки при 100% концентрації алмазних зерен в алмазному шарі становить лише 25% об'єму.

Вибір концентрації залежить від ефективності роботи інструменту, рекомендується використовувати інструмент на органічній зв'язці з концентрацією в межах 70-150%, оскільки, при профільному шліфуванні, до 100% круг швидко починає втрачати профіль різальної частини, краще обрати концентрацію алмаза в діапазоні від 100-150%, в нашому випадку концентрація становить 125%.

Зернистість надтвердих матеріалів обирають в залежності від потрібної шорсткості поверхні оброблюваної заготовки, також від витрати алмазу. Порошки в свою чергу поділяються на:

- Шліфпорошки – зернистість яких визначають за основною фракцією та позначають через дріб, що означає розмір сторони осередки верхнього сита до нижнього;
- Мікропорошки – визначають лінійними розмірами проекцій зерен під мікроскопом і теж позначають через дріб, чисельник якого значить розмір найбільшого зерна, а знаменник найменшого;

Для покращення контакту та підвищення міцності утримання абразивних зерен у зв'язці – використовують покриття нікелем, він відноситься до металопокривних речовин.

При виготовленні зв'язки для круга використовують саме шліфпорошки, адже вони використовуються у органічних зв'язках.

Органічні зв'язки розроблені на основі використання синтетичних смол, вони є зв'язуючим елементом, використовуючи різні модифікації синтетичних смол вводячи різні наповнювачі, регулюють фізико-технічні властивості робочого алмазоносного шару. Широко використовують порошки марки Б1, Б2, Б3, Б156, в склад яких входять порошки з металів, що підвищують міцність та теплопровідність алмазоносного шару, забезпечуючи швидкий відвід теплоти з зони різання [13].

Обираємо зв'язку марки Б2-01, при зернистості алмазу 40/28 мкм, що складається з фенолформальдегідної смоли, марки СФП 11, карбіду кремнію зеленого (КЗ) та самого алмазного порошку.

Чим жорсткішою має бути зв'язка тим більша концентрацію фенолформальдегідної смоли.

Вона чудово підходить для заточування, шліфування й доведення твердосплавного різального інструменту при підвищених вимогах до якості оброблюваної поверхні, гарно працює в машинному режимі з МОТС та в ручному режимі без МОТС.

Один з основних параметрів круга - це його форма корпусу та висота й ширина алмазоносного шару, тому розглянемо декілька варіантів форми, як алмазоносного шару так і корпусу круга.

Для початку обираємо форму, одразу виключаємо тарілчасту, плоску та чашкову форми та спеціальні облегшені форми, для важко доступних місць, оскільки круг не буде працювати торцем, також виключаємо зі списку круг форми А8, так як він є безкорпусним, і є доцільним для шліфування плоских поверхонь.

Кращим і єдиним варіантом є круги прямого профілю, збірні та плоскі прямого профілю, також можна розглядати, як варіант, круг прямого профілю трьохсторонній, але оскільки оброблюється лише різьба, він є недоцільним.

Збірний круг є доволі важким при виготовленні, що подовжує час виготовлення круга, він використовується при складних профілях та безцентровому шліфуванні, тому більш вигідним варіантом є круг прямого профілю чи плоского прямого профілю (рис. 1.4).

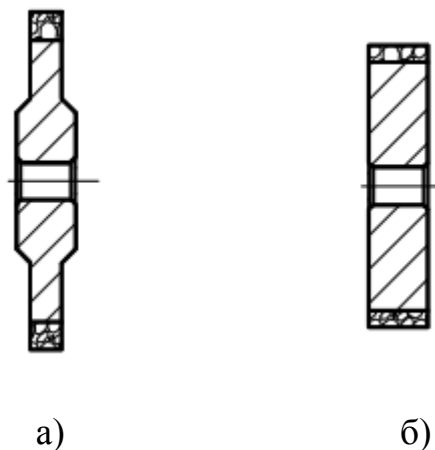


Рисунок 1.4 – Вибірковий профіль: - а) Прямого профілю; б) Плоского прямого профілю

Більш економічним є вибір простого корпусу круга прямого профілю, менше використовується заготівельного матеріалу під корпус, до того ж, круг плоского прямого профілю не є доцільним для шліфування та заточки твердосплавного інструменту.

Форма алмазозагартуваного шару, є невід'ємною й важливою частиною при виготовленні круга, з представлених варіантів обираємо форму під літерою А (рис. 1.5), оскільки на прямокутнику найлегше утворити профіль з потрібними параметрами.

















A		CH		G		M	
AH		D		H		Q	
B		E		K		U	
C		F		L		V	

Рисунок 1.5 – Буквені позначення форми перерізу алмазоносного шару [13]

Алмазоносний шар має розташовуватися по периферії корпусу та покривати усю його висоту, за стандартом її позначають номером 1 [13].

Отже, круг має бути форми 1A1, де: 1 – форма профілю, А – форма перерізу алмазоносного шару, 1 – номер розташування алмазного шару.

1.3 Вплив абразивного зерна на якість оброблюваної поверхні

Взаємодія абразивних зерен інструмента з поверхнею заготовки в процесі абразивної обробки визначається наступними факторами – кінематикою відносного руху абразивних зерен та заготовки, фізико-хімічними властивостями матеріалу заготовки та зерна, зовнішнім силовим впливом.

В залежності від характеру та величини зовнішніх сил P_y що прикладені до зерна - на оброблюваній поверхні заготовки виникають механічні деформації, що, в нашому випадку, незворотні. При незворотних деформаціях під дією P_y настає пластична деформація (рис. 1.3).

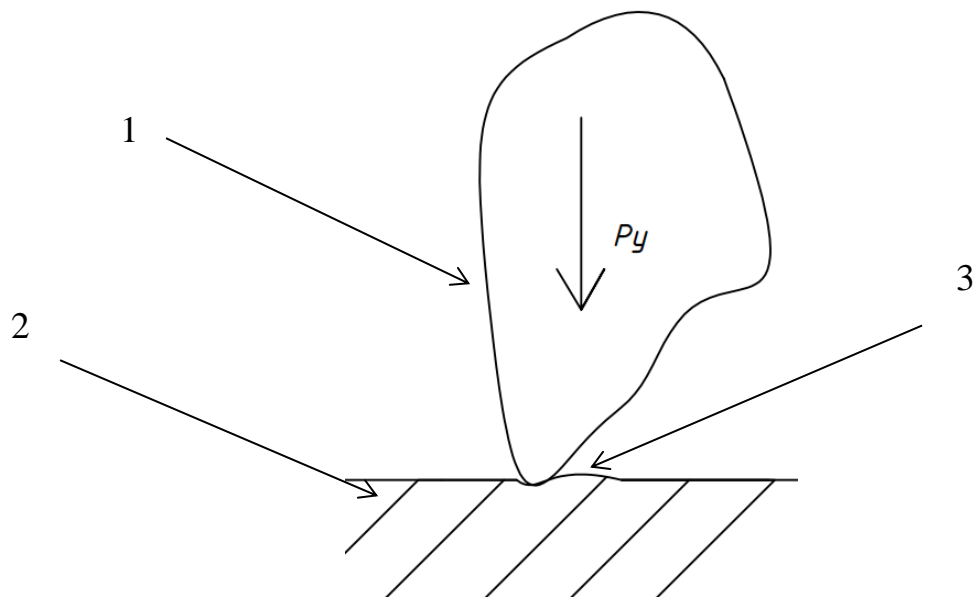


Рисунок 1.6 – Взаємодія абразивного зерна з оброблюваною поверхнею: - 1. Абразивне зерно, 2. Заготовка, 3. Наплив

При пластичній деформації частина металу видавлюється у вигляді «горбів».

При переміщенні абразивного зерна, що має твердість набагато більшу за матеріал заготовки, на поверхні деталі формуються механічні подряпини чи риски. В зоні взаємодії виникають напруження, що інколи можуть перевершити межу міцності матеріалу заготовки та викликати руйнування.

При абразивній обробці для видалення припуску матеріалу потрібно перетнути значний супротив та витратити для цього деяку кількість енергії. Ця енергія має бути накопичена абразивним зерном, попередньо передана йому від джерела енергії за допомогою середовища, в нашому випадку, твердого тіла.

Найбільшої ефективності по глибині оброблення поверхні окремими абразивними зернами та по величині зняття матеріалу за одиницю часу досягається саме при жорсткому закріпленні зерен, при так званій «цементації» в зв'язці.

Важливе значення має структура та геометрія робочої поверхні, так як саме вони визначають ефективність та експлуатаційні властивості абразивних інструментів.

Рельєф робочої частини поверхні абразивного інструменту характеризується різними величинами: кількістю різальних елементів (чи кромок) абразивних зерен, на одиницю площі поверхні інструменту; величиною контактної площі рельєфу робочої поверхні; відстанню між різальними кромками (що усереднена); висотою різальних кромок, що характеризуються їх розміщенням за висотою рельєфу.

Абразивне зерно представляє собою багатогранник неправильної геометричної форми, де всі ребра та грані мають заокруглення та кут загострення, що визначає степінь гостроти зерна, впливає на характер взаємодії зерна з оброблюваним матеріалом.

Степінь гостроти зерен абразивних матеріалів неоднакова. Найбільший степінь гостроти мають надтверді матеріали, такі як алмаз та кубічний нітрид бору (ельбор).

Просторове розташування та розподіл різальних граней та поверхонь абразивних зерен різноманітної форми та розмірів визначають відмінність утворення поверхні при абразивному обробленні від процесу різання лезовим інструментом.

Абразивні зерна, хаотично розташовані на робочій поверхні круга, зрізають стружку з шорсткістю поверхні оброблюваної заготовки. В такому випадку переріз зрізаний окремими зернами металу може змінитися в широкому діапазоні, та отримати різну форму та розмір.

Насправді не всі абразивні зерна приймають участь в обробленні заготовки. Активно приймає участь лише 10% (інколи менше чи більше) абразивних зерен, що розміщені на тій чи іншій поверхні круга, що в даний момент знаходиться в контакті з оброблюваною поверхнею.

Всі інші зерна або не мають фактичного контакту з заготовкою, або лиш ковзають та загладжують шорсткості, що були створені попередніми зернами.

Значний вплив на процес різання надає форма вершин зерен, що мають різний ступінь гостроти чи закругленості. В залежності від радіуса округлення абразивних зерен, глибини втоплення в матеріал та молекулярної взаємодії абразивного та оброблюваних матеріалів буде різнитись характер різання окремими зернами.

При шліфуванні металів відбувається знос робочої поверхні абразивного інструменту, який в залежності від умов шліфування може проявлятися в наступному:

- зерна, що слабо утримані зв'язкою чи не вигідно орієнтовані на поверхні, вириваються зі зв'язки під дією сил різання;
- різальні грані та вершини найбільш виступаючих зерен обламуються та частково стираються й згладжуються, в наслідок тертя об оброблюваний матеріал. На поверхні абразивних зерен з'являються плоскі майданчики зносу, що ускладнюють утоплення нових абразивних зерен в метал;
- знімається стружка разом з продуктами зносу абразивних зерен та попадає в пори круга та поступово заповнює їх;
- оброблюваний метал прилипає до абразивних зерен;

В останньому випадку спрацьовує самозаточуваність круга – властивість абразивного інструменту неперервно відновлювати здатність обробки з заданими параметрами [14].

Висновок

В результаті детального аналізу оброблюваного профілю деталі, а саме різьбоутворюючої частини твердосплавного мітчика-свердла, було визначено параметри абразивного круга, що значно підвищують продуктивність оброблення деталі та є найбільш технологічно доцільними для даного типу оброблення, такі як: форма корпусу, форма алмазоносного шару, тип зв'язки, визначено метод оброблення різьби мітчика-свердла, зі збереженням високої точності та шорсткості профілю різьби. Враховано складність оброблення саме твердосплавного матеріалу при шліфуванні та нарізанні різьби.

Для оброблення твердого сплаву було обрано алмазний круг на органічній зв'язці, що забезпечує потрібну шорсткість обробки інструменту. Для забезпечення високої точності різьби, краще використовувати двонитковий круг, оскільки він має не тільки вищу продуктивність ніж одноститковий круг, а й точність, що є перевагою перед багатонитковими кругами.

Тому для оброблення різьби на твердосплавному мітчику-свердлі було обрано круг форми 1A1 з зв'язкою марки B2-01, концентрацією 125% та розміром фракції зерна 40/28 мкм.

2. ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЬБОНАРІЗНОГО ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА ФОРМИ 1A1

2.1 Характеристики абразивного круга для оброблення профілю різьби на твердосплавному мітчику-свердлу

Даний абразивний різьбошліфувальний круг побудований на прототипі круга форми 1A1 прямого профілю, діаметром $\varnothing 175$ мм, зв'язки В2-01 та з розміром зерна 60/40 мкм, для оброблення твердого сплаву ВК8, форма профілю – стандартизована метрична різьба була замінена на спеціальну.

При створенні даного круга були обрані наступні характеристики:

1. Корпус – алюміній АК6 (прокат);

Принциповою конструктивною відмінністю абразивних кругів на основі АС – є корпус, до якого прикріплюється після спікання алмазоносний шар. Завдяки операції «шихтування», порошок впресовується в камеру й спікається під тиском, що дозволяє смолі, котра знаходиться в зв'язці, прикріпити алмазоносний шар до корпусу круга.

Матеріал корпусу повинен мати високу теплопровідність, тому найбільш часто використовують металічні корпуси, для металічних зв'язок, та алюмінієві корпуси, для органічних [15]. Фізико-механічні властивості алюмінію для корпусу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Фізико-механічні характеристики алюмінію АК6 [16]

Твердість після закалювання та зістарення, МПа	105
Межа міцності при розтягу, МПа	390 – 430
Межа міцності при стиску, МПа	275 – 325
Відносний розтяг після розриву, 5%	10
Модуль пружності, при 20°C, $E \cdot 10^{-5}$	0,72
В'язкість, кг/м ³	2750
Коефіцієнт лінійного розширення, при 100°C, $\alpha \cdot 10^6$	21,4

2. Зміна профілю метричної різьби зі стандартизованої на спеціальну.

Даний мітчик-свердло має спеціальну різьбу, вона відрізняється тим, що її профіль різниться від стандартного, та має крок $T=4,2$ мм, а западини дорівнюють радіусам: $R=0.5$ мм та $R=0.2$ мм (рис.2.1).

Основні характеристики профілю різьби мітчика-свердла: Сп. М 42х4,2-4h (Рис.2.1).

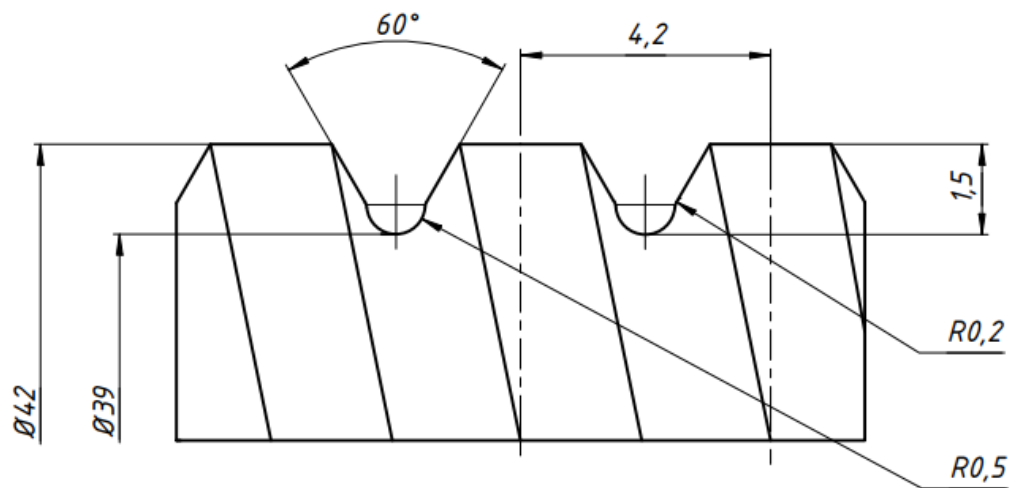


Рисунок 2.1 – Профіль різьбової частини мітчика-свердла
Сп. М 42х4,2-4h

3. Зміна розміру зерна на 40/28 мкм.

Зі зменшенням розміру зерна абразивних зерен підвищується їх різальна здатність за рахунок збільшення числа зерен на одиницю робочої поверхні, зменшення заокруглень зерен, меншого зношення окремих зерен.

Також, оскільки різьба має заокруглення, то потрібно зменшити розмір фракції, для забезпечення даного розміру, а саме $R=0.2$ мм (рис.2.1).

4. Зміна товщини виступу алмазоносного шару з 0,2 мм до 0,5 мм.

Корпус круга не має виступати за межі алмазоносного шару. Виступ алмазоносного шару над корпусом у місці з'єднання алмазоносного шару з корпусом не має бути більше 0,2 мм на один бік [17], але оскільки круг не є

стандартизованим, була обрана товщина 0,5 мм, так як даний параметр був вказаний при замовленні інструменту.

Зміна посадкового отвору Ø 76 мм до Ø 32 мм.

При зменшенні розмірів круга зменшується й посадковий отвір, оскільки замовник не вказує особливі умови при використанні, беремо стандартизований Ø 32 мм [18].

5. Збільшена гранична робоча швидкість круга з 35 м/с до 47 м/с.

Круг діаметром до 150 мм. має здатність витримувати оберти до 9000 об./хв, при обробленні різьби, а це не є доцільним, тому вистачить 6000 об./хв., маючи оберти шпинделя можемо вирахувати його швидкість обертання:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.1)$$

$$V = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{1000} = \frac{6000 \cdot 150 \cdot 3.14}{1000} = 47,12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.2)$$

6. Після порівняння властивостей АС – порошку та КБН – порошку було обрано саме синтетичний алмаз.

Шліфування супроводжується значним виділенням теплоти в зоні контакту шліфувального круга з металом, у результаті чого відбувається нагрів деталі та інструменту.

Теплота що виділяється при шліфуванні складається з теплоти, що виникає в наслідок пластичної деформації оброблюваного матеріалу в зоні стружкоутворення та теплоти, що виникає при терті абразивних зерен, зв'язки та наповнювача шліфувального круга об шліфувальну поверхню.

Кількість теплоти залежить від режиму шліфування та фізико-механічних властивостей металу, характеристик круга та МОТС (мастильне охолоджуюче технологічне середовище).

Теплота що виділяється під час оброблення розподіляється приблизно так: 60–65 % отримує заготовка, 12 – 30% в шліфувальний круг та 5 – 15% відводиться стружкою.

Миттєва температура в точці поверхні, де відбувається в даний момент різання абразивом, може досягати суттєвих значень й досягає до температури плавлення оброблюваного матеріалу. Середня температура зони контакту круга з оброблюваною заготовкою значно нижча, але вона може досягати 600 – 800 °С та перевищувати критичні точки фазових перетворень, приводячи до змін в структурі матеріалу.

Оскільки синтетичний алмаз здатний витримувати цей спектр температур, не є доцільним обирати кубічний нітрид бору.

7. Обрана органічна зв'язка марки В2-01.

При обробленні визначають наступні види зношування шліфувального круга: механічне стирання, крихке мікро руйнування, крихке руйнування абразивних зерен на декілька частин та викидання абразивних зерен зі зв'язки.

В ході роботи шліфувального круга одночасно виникають усі види зношення. В кожному окремому випадку переважання якогось виду зношення залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, матеріалу абразивних зерен, силових та температурних навантажень, а також умов оброблення.

Вид зношування різальних кромek визначається режимом експлуатації шліфувального круга. Перший вид спостерігається в режимі затуплення круга, що характерний для чистового шліфування.

При затупленні розуміється зменшення здатності оброблення круга, через зміну його профіля різальної кромки. Але, оскільки зв'язка органічна, легко повернути її форму, за допомогою правки круга на спеціальних верстатах.

Другий вид зношування найбільш характерний для режиму самозаточування. Це властивість круга довго зберігати працездатний стан, за

рахунок неперервного утворення нових виступів та різальних кромки абразивних зерен. В цьому режимі найбільш часто працюють круги на органічних зв'язках.

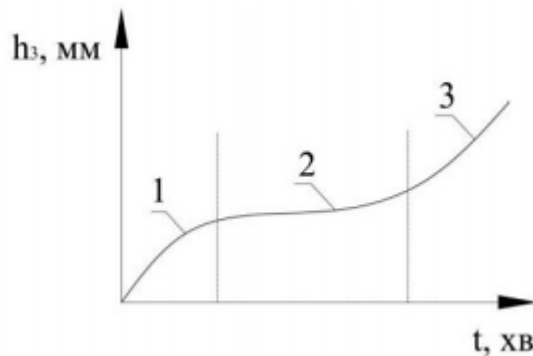


Рисунок 2.2 – Вплив тривалості шліфування на зношення круга [19]

Знос круга можна розділити на три етапи:

1. Інтенсивний знос – з робочої поверхні викришуються різальні зерна з невдалою орієнтацією. Цей етап короткочасний, його тривалість визначається правкою круга;
2. Нормальна робота – інтенсивність зносу зменшується і залишається постійною;
3. Руйнування – інтенсивність зношування зростає, через ріст сили різання, так як різальні кромки зерна заокруглюються й зростає рівень коливання.

Саме при органічній зв'язці час нормальної роботи при обробці твердого сплаву збільшується [20].

Технічні характеристики круга:

1. Алмазні зерна на робочій поверхні мають бути готові до роботи;
2. На поверхні алмазоносного шару допускаються раковини та викрашування площею до $0,2 \text{ мм}^2$;
3. Невраховані граничні відхилення лінійних розмірів понад $10 \text{ мм} \pm \frac{\text{IT14}}{2}$;
4. Гранична робоча швидкість 47 м/с .

5. Дисбаланс круга не має перевищувати $2 \text{ г} \cdot \text{см}$
6. Маркування 1A1 150x5x11,6x32 B2-01 AC4 40/28 00615

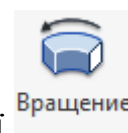
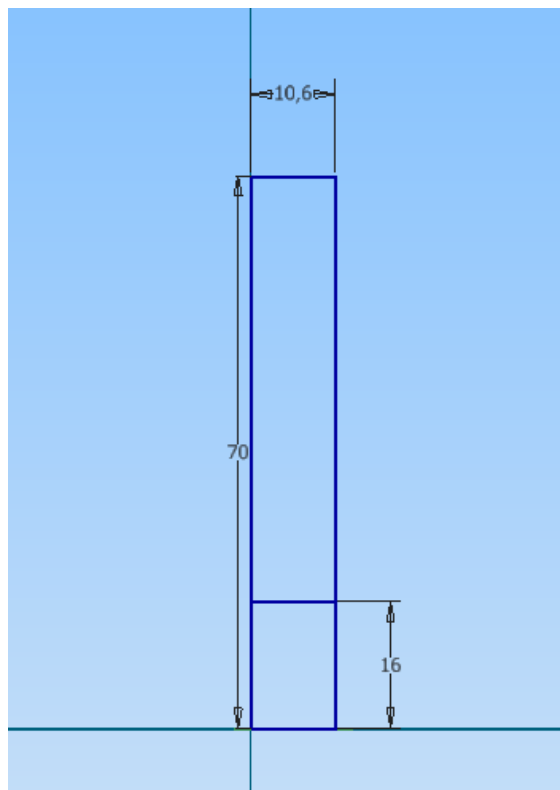
Висновок

Визначено основні характеристики круга, а саме: корпус – виготовлений з алюмінію АК6 (прокат), прийнята форма профілю різальної частини абразивного круга, зміною різьби зі стандартної на спеціальну, зменшення розміру фракції зерна до 40/28 мкм., збільшено граничну швидкість круга до 47 м/с, зменшено посадковий отвір до Ø 32 мм.

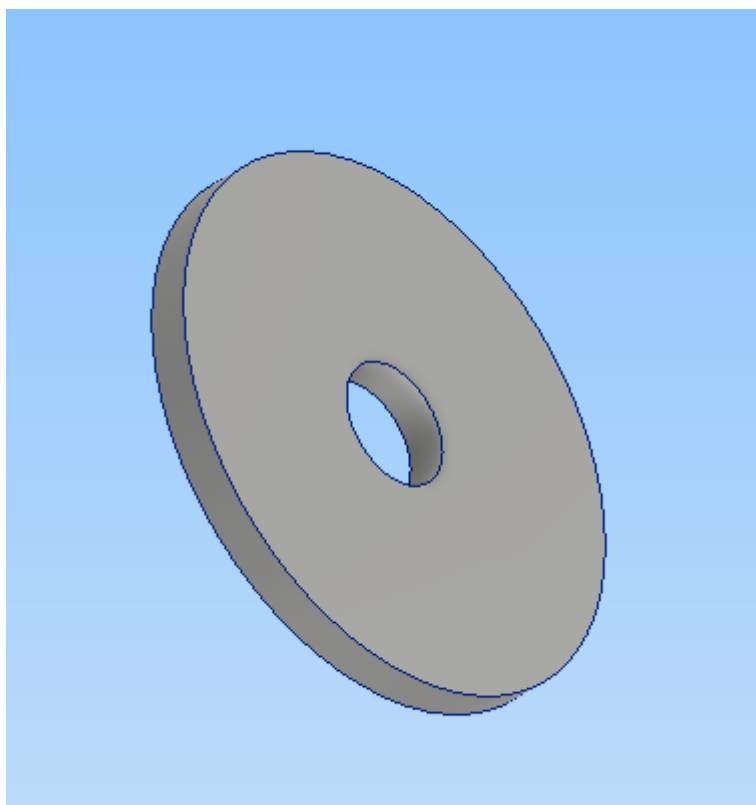
Прийнятий метод закріплення круга на верстаті в цанговому патроні.

2.2 Створення круга в CAD системі Inventor

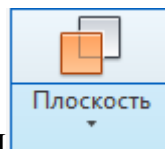
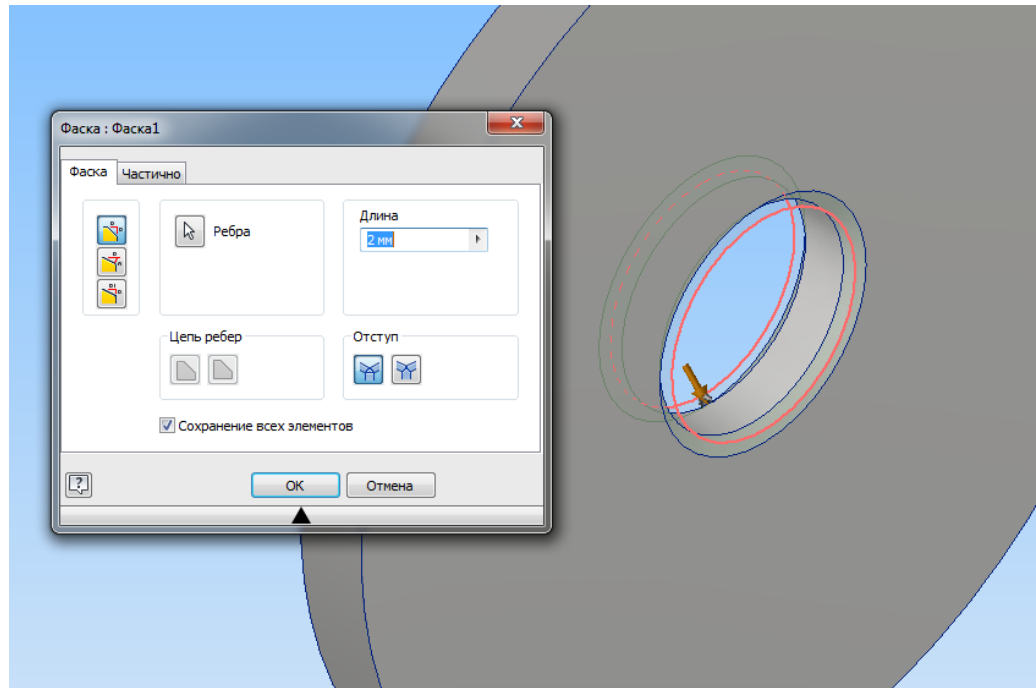
1. Створення ескізу корпусу круга



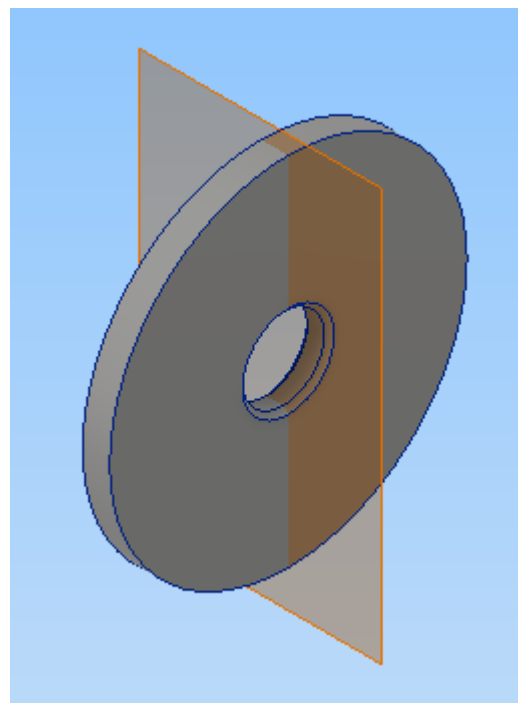
2. Створення об'ємної моделі за допомогою функції



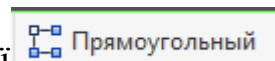
3. Створення фаски

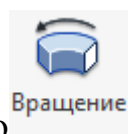


4. Створення площини

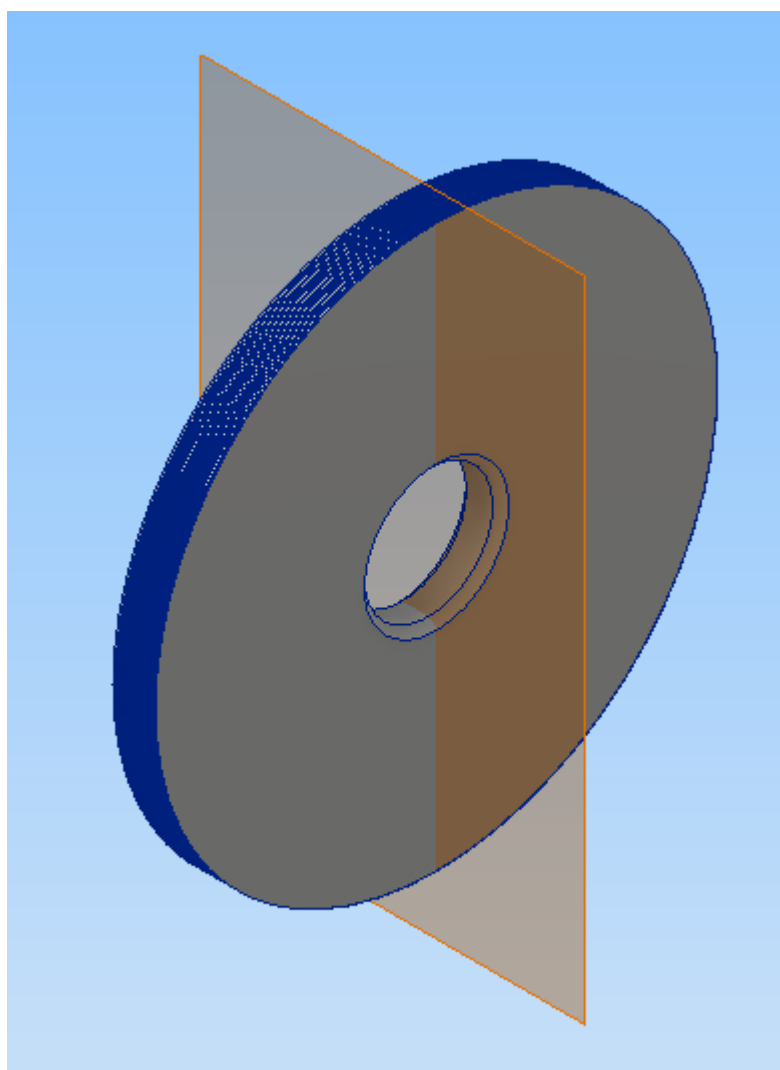


5. Створення ескізу за допомогою функції

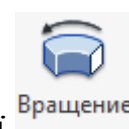
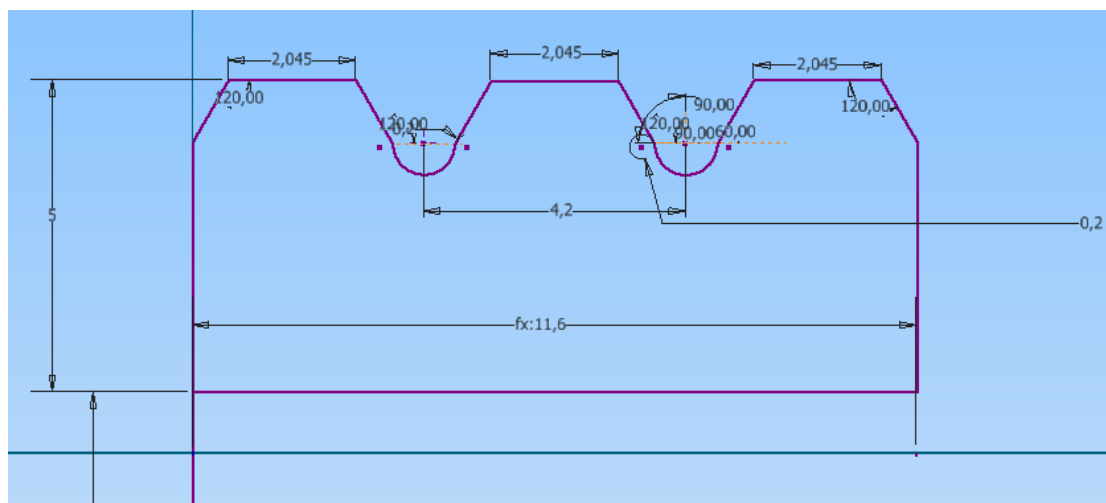




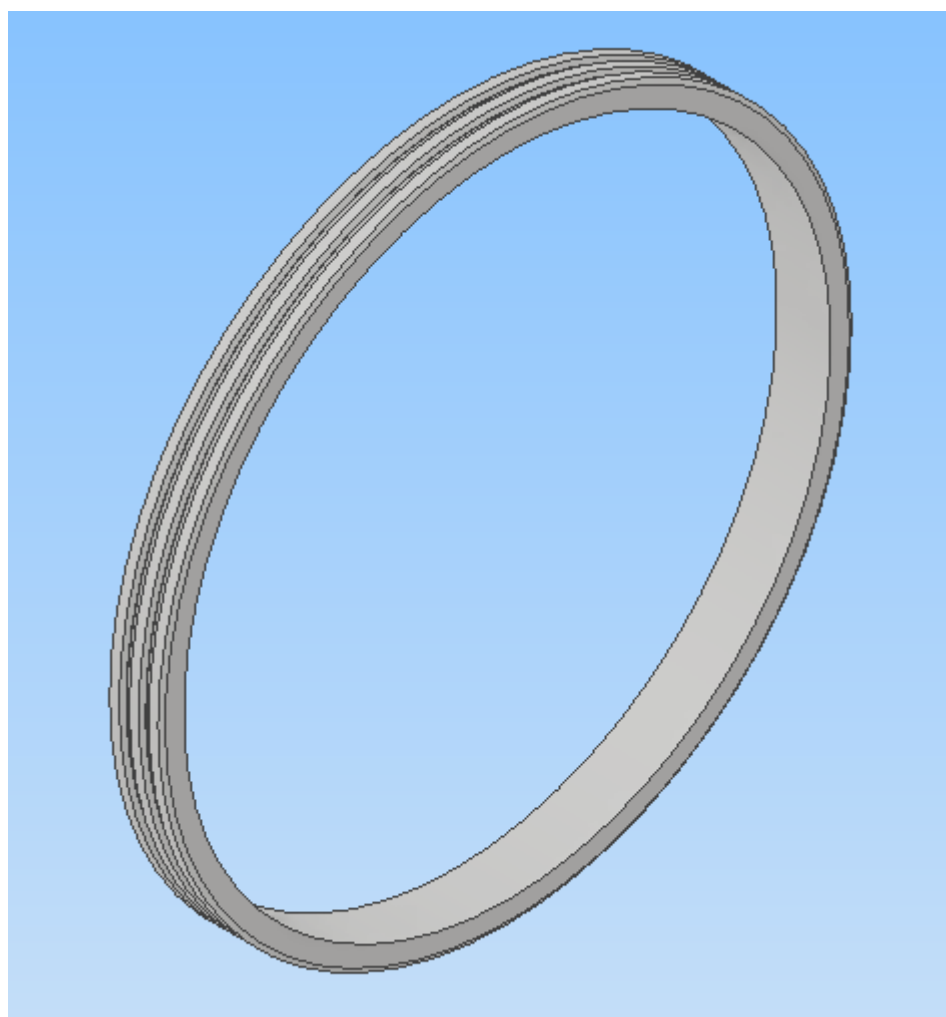
6. Утворення канавок функцією



7. Створення ескізу алмазноного шару

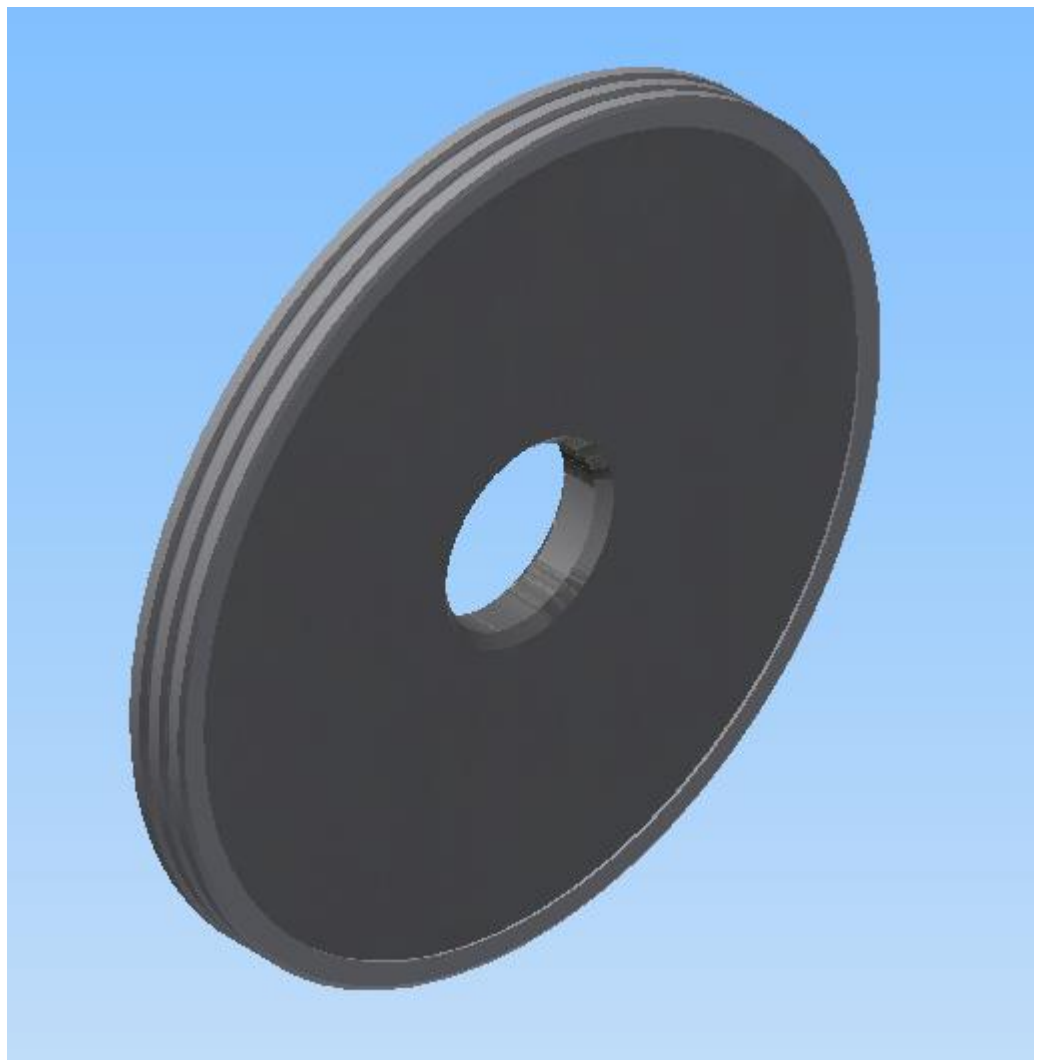
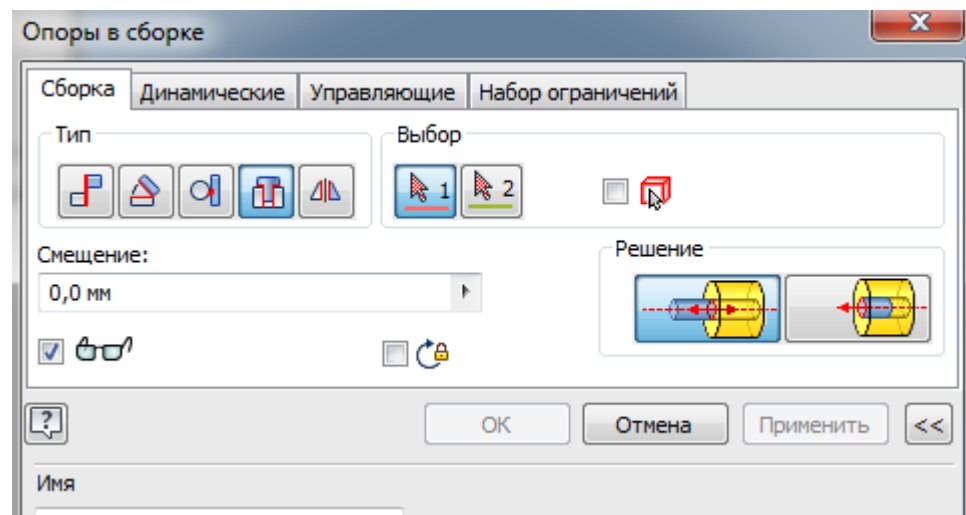


8. Створення об'ємної моделі за допомогою функції

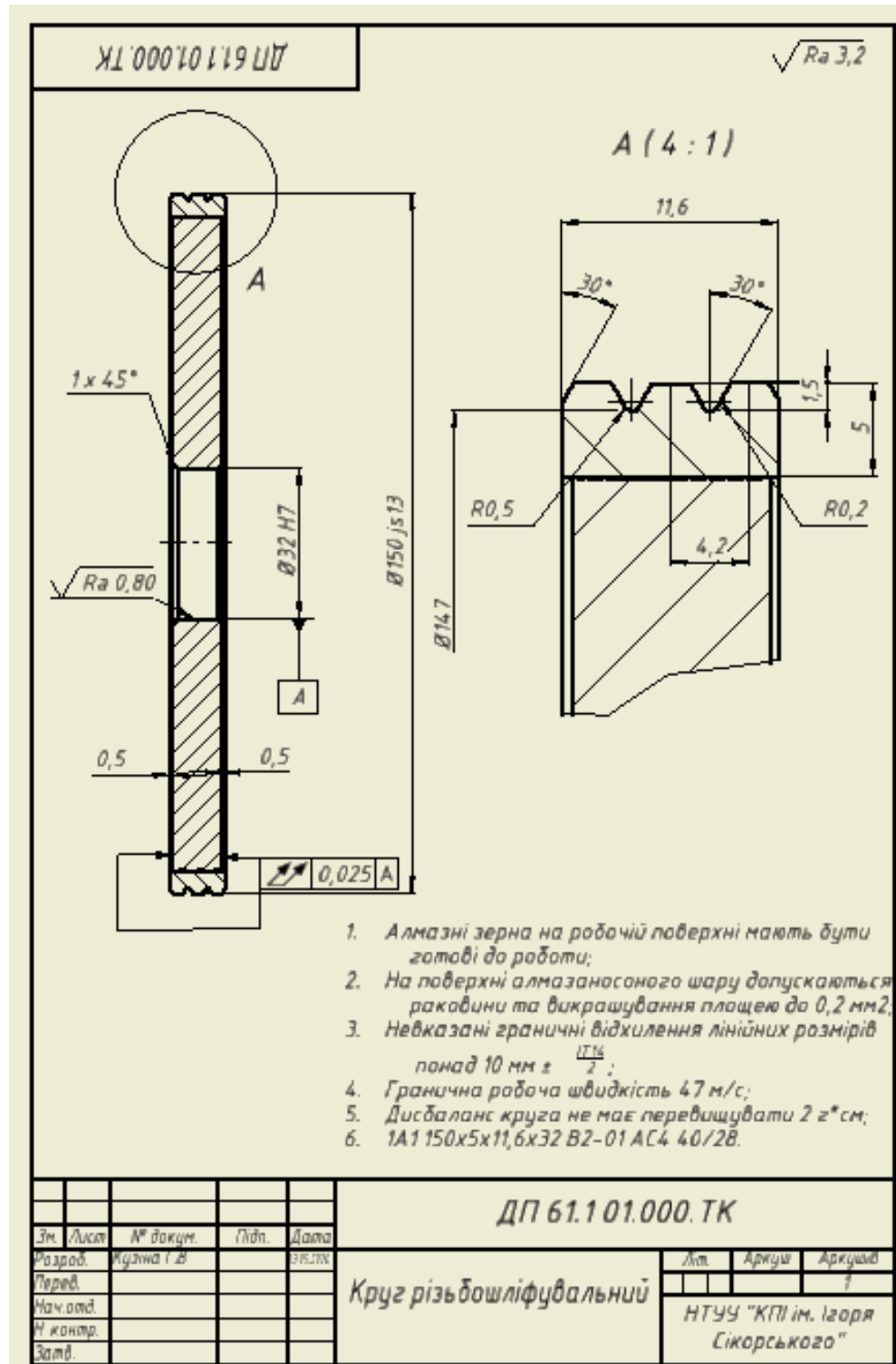


9. Суміщення 2-х моделей за допомогою функції вставка





10. Створення креслення



3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУПЕРАБРАЗИВНОГО КРУГА

3.1 Вибір заготовки

При виборі заготовки важливо прийняти до уваги наступні характеристики:

- Форма перерізу – круг;
- Точність виготовлення – високої точності;
- Стан матеріалу – загартований та штучно зістарений;
- Вид міцності – підвищена міцність [21].

Механічні властивості алюмінію невисокі, тому активно використовують сплави алюмінію, що умовно поділяються на деформуючі та литі. Їх в свою чергу поділяють на зміцнюючі термообробкою сплави й сплави що не зміцнюються термообробкою.

До зміцнюючих термообробкою сплавів відносяться: дюраль, авіаль, сплави для кування та високоміцні сплави.

Для виготовлення корпусу було використано саме алюміній марки АК6 – сплав для кування [22].

Сплав АК6 зміцнюється загартуванням та, як правило, старінням (штучним чи природнім). Для забезпечення оптимальних механічних властивостей сплаву АК6 перерва між загартуванням та старінням має бути не більше 6 годин, в даному випадку розглядається саме штучне старіння алюмінієвого сплаву.

Даний сплав має понижену стійкість до корозії, та технологічне й експлуатаційне нагрівання не призводить до погіршення корозійної стійкості сплаву [23].

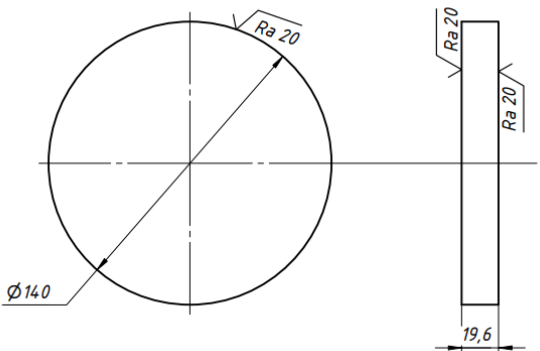
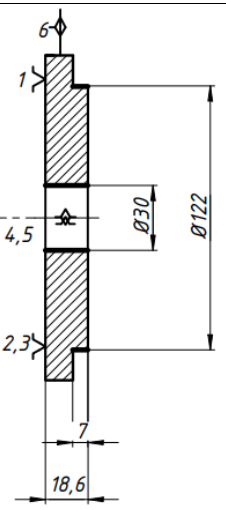
При обробленні корпусу заготовка має підходити під параметри, такі як: діаметр та ширина.

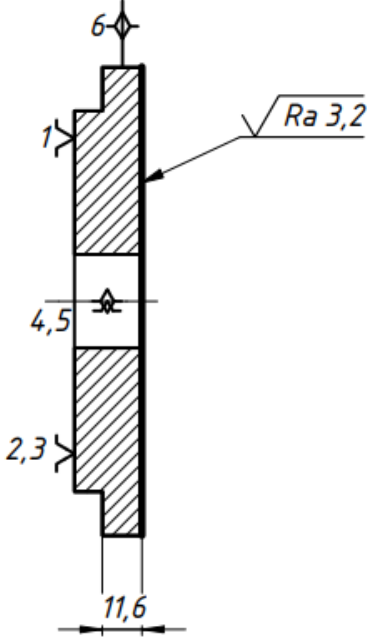
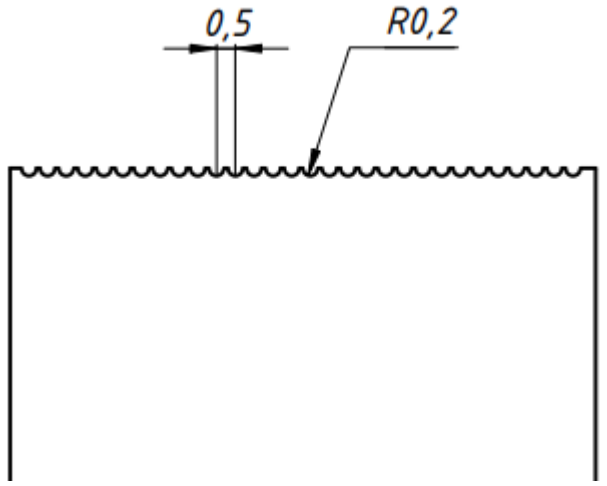
Діаметр деталі дорівнює Ø 140 мм., а ширина 19,6 мм., оскільки похибка відрізання матеріалу стрічковою пилою становить, щонайменше, 3-4мм.

3.2 Базовий технологічний процес

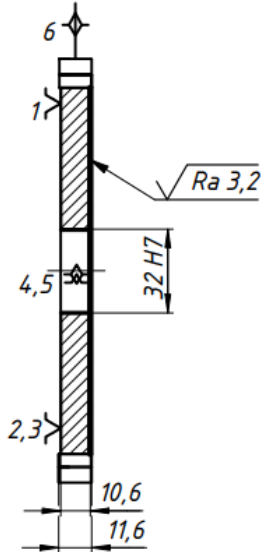
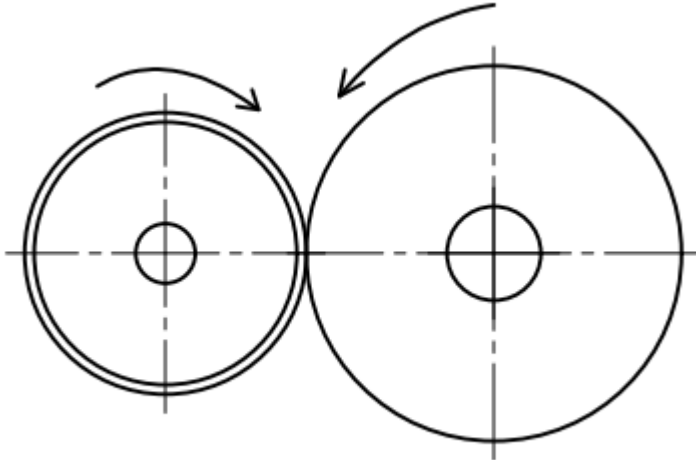
1. Відрізання заготовки стрічковою пилою $\varnothing 140$ мм., $l=19,6$ мм.
2. Утворення «ступиці» $\varnothing 122$ мм. та $l=7$ мм. як бази для подальшого закріплення круга при чистовій обробці.
3. Свердління отвору та його розточка до $\varnothing 30$ мм., без дотримання допусків.
4. Чистова обробка торця з шорсткістю $Ra\sqrt{3,2}$.
5. Точіння канавок $r=0.2$ мм. , $t=0.5$ мм. Для збільшення площі з'єднання та зменшення можливості здвигу бічного алмазоносного шару.
6. Нанесення термостійкого клею на проточені канавки, для втримання алмазоносного шару.
7. Висушування клею в печі протягом 2-х годин при температурі 90°C .
8. Шихтування зв'язки алмазного порошку в прес-форму В2-01 40/28 мкм.
9. Гаряче пресування при 180°C .
10. Спикання в печі протягом 10 годин при 180°C .
11. Чистове точіння посадкового отвору діаметром $\varnothing 32\text{H}7$.
12. Утворення фасок на посадковому отворі $2\times 45^{\circ}$
13. Зточення «ступиці» та фінішна токарна обробка $l=11,6$ мм.
14. Вскриття алмазних зерен.
15. Формування профілю різальної кромки.
16. Маркування.
17. Технічний контроль.
18. Пакування.

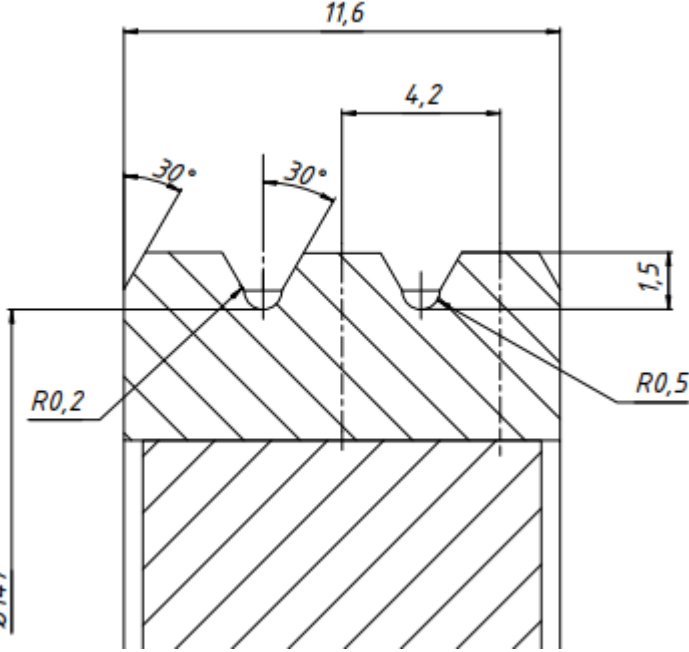
3.3 Маршрутний технологічний процес

№	Найменування операцій	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристрій, контрольний інструмент
005	Відрізання заготовки від прутка довжиною $l=19,6$ мм. та $\varnothing 140$ мм.		Стрічкова пила по металу OPTIsaw 275N	Стрічка
010	Підрізання торця та утворення «ступиці» $\varnothing 122$ мм. Свердління та розточування отвору до $\varnothing 30$ мм.		Токарний верстат по металу Haas ST-15 з ЧПК	Токарний 3-х кулачковий патрон $\varnothing 160$

015	Чистова обробка торця		Токарний верстат по металу Haas ST-15 з ЧПК	Токарний кулачковий патрон Ø160 3-х
020	Точіння канавок r=0.2 мм., t=0.5 мм.		Токарний верстат по металу Haas ST-15 з ЧПК	Токарний кулачковий патрон Ø160 3-х

025	Нанесення термостійкого клею на проточені канавки			
030	Висушування клею при 90°C протягом 2-х годин			Прес-форма, вкладиш
035	Шихтування зв'язки алмазного порошку в прес-форму В2-01 40/28 мкм.			Прес-форма
040	Гаряче пресування при 180°C		Пресс гідравлічний Д2430Б	Термо-плити
045	Спікання при 180° протягом 10 год.			

050	Зточення «ступиці» та чистове точіння торця. Чистове точіння посадкового отвору Ø32H7		Токарний верстат по металу Haas ST-15 з ЧПК	Токарний кулачковий патрон Ø160 3-х
055	Вскриття алмазозного шару		Верстат для правлення абразивних шліфувальних кругів FC-250EX	Круг карбіду кремнію зелений 64 СПП Ø200 мм. l=10 мм.

060	Профільювання алмазозносного шару		Верстат для правлення абразивних шліфувальних кругів FC-250EX	Круг карбіду кремнію зелений 64СПП
065	Маркування	1A1 150x5x11,6x32 B2-01 AC4 40/28	Ударно-точковий апарат ADP-120160	Плита
070	Технічний контроль	Максимальне відхилення від 0 до +0.04 мм		Нутромір індикаторний 18-35мм., ваги

075	Пакування		Вакуумний пакувальник Hualian DZ-290A	Пакувальний пакет
-----	-----------	--	---	-------------------

3.4. Розрахунок припуску та режимів різання

Розрахунок припусків на механічну обробку.

Для діаметру 140 мм граничні відхилення алюмінію становлять $\pm 0,85$, тому допуск дорівнює:

$$IT = 1700 \text{ мкм.}$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{1min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1}) \quad (3.1)$$

R_{zi-1} – шорсткість заготовки на попередньому переході,

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході,

Δ_{ei-1} – просторове відхилення на попередньому переході

Відхилення розташування буде складатись з похибки кривизни прутка та похибки базування деталі. Довжина заготовки дорівнює 19,6 мм, отже

$$\Delta_k = 10,6 \cdot 0,5 = 5,3 \text{ мкм} \quad (3.2)$$

Похибка центрування визначається за формулою:

$$\Delta_c = 0,25 \cdot \sqrt{IT_d^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{1,7^2 + 1} = 0,514 \text{ мм} = 493 \text{ мкм} \quad (3.3)$$

Просторове відхилення:

$$\Delta_{заг} = \sqrt{\Delta_k^2 + \Delta_c^2} = 495 \text{ мкм} \quad (3.4)$$

Сумарне відхилення знайдемо за формулою:

$$\Delta_{ei-1} = K_y \cdot \Delta_{заг} = 0,05 \cdot 495 = 24,7 \text{ мкм} \quad (3.5)$$

Сумарне відхилення, при $K_y = 0,04$.

$$\Delta_1 = K_y \cdot \Delta_{заг} = 0,04 \cdot 520 = 20,8 \text{ мкм.} \quad (3.6)$$

Просторові відхилення:

$$\Delta_2 = \frac{0,001 \cdot n \cdot L}{0,1 \cdot d + 0,3} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 19,6}{0,1 \cdot 30 + 0,3} = 0,59 \text{ мкм} \quad (3.7)$$

Сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2} = 21,39 \text{ мкм} \quad (3.8)$$

Величини мінімальних припусків [24]:

$$2 \cdot Z_{1 \text{ min чорнове}} = 2 \cdot (100 + 250 + 24,7) = 749,4 \text{ мкм} \quad (3.9)$$

Розрахунок режиму різання

Операція 010 – підрізання торця деталі, утворення «ступиці», свердління посадкового отвору $\varnothing 30$ мм.

Інструменти що використовуються різець прохідний відігнутий SCACL 0808 E06, свердло $\varnothing 30$ мм. ГОСТ 19548-88 [25].

Форма ріжучої пластини – ромб 80° (C);

Задній кут пластини 7° (C);

Тип різця – прохідний [26];

Глибина різання: $t = 0.5$ мм/об.

Швидкість різання при підрізанні торця:

$$v = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (3.1)$$

T хв.	C_v	x	y	m	S	K_v	C_p
60	485	0,12	0,25	0,2	0.127	0,9	40

$$v = \frac{485}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,12} \cdot 0,127^{0,25}} \cdot 0,9 = 91,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (3.10)$$

Число обертів для чорнової обробки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 91,5}{\pi \cdot 140} = 208,03 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (3.11)$$

Сила різання для чорнової обробки:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y = 21,97 \text{ Н} \quad (3.12)$$

Швидкість різання при утворенні «ступиці» при $t = 7$ мм/об.:

T хв.	C_v	x	y	m	S	K_v	C_p
60	328	0,12	0,5	0,28	0.127	0,9	40

$$v = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 7^{0,12} \cdot 0,127^{0,5}} \cdot 0,9 = 208 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (3.13)$$

Сила різання при утворенні «ступиці»:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y = 30,15 \text{ Н} \quad (3.14)$$

Швидкість різання при свердлінні:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} = 107,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (3.15)$$

Оберти шпинделя при свердлінні:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} = 1139,54 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (3.16)$$

Подача при свердлінні:

$$s = C_s \cdot K_{HBS} \cdot d^z = 0,14 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad (3.17)$$

При $C_s = 0,026$, $K_{HBS} = 1$, $z = 0,5$ [27].

4. РОЗРОБКА ВЕРСТАТНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Базові методи закріплення абразивного круга на шпинделі верстата

Шліфування різьби виконується на спеціальних різьбошліфувальних верстатах кругами, робоча поверхня яких в діаметральному розрізі має плоский контур, що відповідає контуру різьби. При шліфуванні різьби використовується метод копіювання профілю різальної поверхні шліфувального круга, при якому профіль утворюючої поверхні співпадає з профілем різального круга.

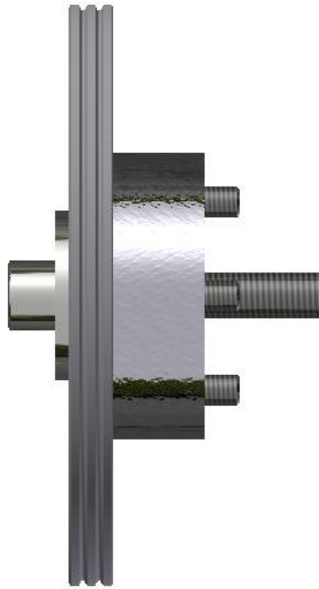
На сучасних верстатах шліфуються різьб будь-яких форм (трикутні трапецеїдальні, спеціальної форми), але оскільки нарізання різьби йде по спіралі, бажано застосовувати верстати з ЧПК.

Встановлюється шліфувальний круг на шпиндель за рахунок оправки, фланців, гвинтів, останні є недоцільними при шліфуванні, й для кріплення мають бути створені отвори у корпусі, при кріпленні гвинтами виникають похибки, такі як вібрацію системи ВПД.

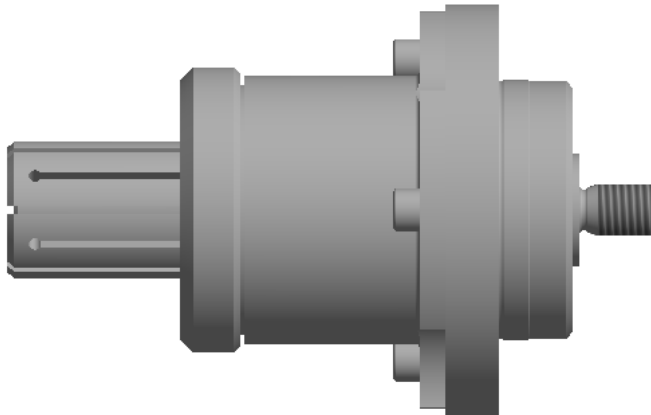
Процес встановлення шліфувального круга на шпиндель потребує чітких дій, неправильно зафіксований круг може не тільки привести до браку деталі, а й принести фізичні ушкодження. В ході робочого процесу він може зірватися й нанести поранення, не тільки робочому що стоїть за верстатом, а й оточуючому персоналу.

Сучасні методи кріплення абразивного круга на шпиндель:

1. Закріплення круга на верстат за допомогою гвинта що вкручується в кінець шпинделя, утворюючи гладке з'єднання (рис. 4.1 а);
2. Закріплення круга в цанговому патроні. Завдяки розтискній цанзі круг закріплюється в патроні, що виключає похибки при обробленні деталі (рис. 4.1 б);



а)



б)

Рисунок 4.1 – Схема кріплення шліфувальних кругів: а) на гвинті [25];
б) в цанговому патроні

Для закріплення круга на верстаті обрано третій спосіб, а саме закріплення деталі в цанговому патроні. З метою підвищення точності обробки та зменшення похибок при закріпленні круга, була обрана 6 – ти пелюсткова цанга, замість 3-ох пелюсткової.

4.2 Розрахунковий аналіз оснащення

1. Вибір матеріалів оснащення

Матеріал для цанги – сталь У8А ГОСТ 1435-99 [27], термічна обробка – закалювання, твердість робочої частини – 56-61 HRC.

Корпус оснащення виготовлено зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 [27].

Заготовка оброблюваного матеріалу – алюміній АК6 (прокат).

2. Розрахунок точності

Допуск на вихідний розмір буде витриманий при виконанні наступної умови:

$$\delta \sum = \tau + P + \delta_{\text{п}} \leq a_i$$

Де δ – очікувана похибка обробки, що складається з похибки, пов'язаної з методом обробки (τ), похибки встановлення деталі в пристосування (P) та похибки встановлення на верстат ($\delta_{\text{п}}$); a_i – допуск на вихідний розмір.

Похибка, пов'язана з методом обробки (τ), визначається жорсткістю технологічної системи (биттям посадкової поверхні оправлення щодо осі центрів), температурними деформаціями, зносостійкістю інструменту.

Для даної операції $\tau = 0,08$ мм.

Похибка встановлення деталі пристосування (P) складається з похибок базування (P_6), закріплення (P_3) та неточності пристосування ($P_{\text{пр}}$).

$$P = 1,2 \cdot \sqrt{P_6^2 + P_3^2 + P_{\text{пр}}^2} \quad (4.1)$$

Похибка базування (P_6) дорівнює найбільшому зазору між базою (пелюстками цанги) та циліндричним елементом деталі ($\varnothing 32$ Н7).

Допуск ІТ для 7 квалітету становить $+ 0,025$ мкм.

Похибка базування:

$$P_6 = \frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{0.025}{2} = 0.0125 \quad (4.2)$$

Похибка кріплення $P_3 = 0$.

Похибка неточності пристосування складається з похибки виготовлення ($P_{\text{виг}}$) та похибка зносу ($P_{\text{зн}}$). В даному випадку похибка виготовлення становить $P_{\text{виг}} = 0,01$ мм., а похибка зносу $P_{\text{зн}} = 0,01$ мм.

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{виг}} + P_{\text{зн}} = 0,01 + 0,01 = 0,02 \text{ мм.} \quad (4.3)$$

Отже, похибка встановлення дорівнює:

$$P = 1,2 \cdot \sqrt{P_6^2 + P_3^2 + P_{\text{пр}}^2} = 1,2 \cdot \sqrt{0,0125^2 + 0^2 + 0,02^2} = 0,028 \text{ мм} \quad (4.4)$$

Похибка оброблення $\delta_{\text{п}}$, пов'язана з встановленням оснащення на верстат, але оскільки деталь встановлюється без перехідного оснащення, прямо на цангу $\delta_{\text{п}} = 0$.

Сумарна похибка обробки деталі сягає:

$$\delta \sum = \tau + P + \delta_{\text{п}} = 0,028 + 0,08 + 0 = 0,108 \text{ мм.} \quad (4.5)$$

Умова застосування оснащення:

$$\delta \sum = \tau + P + \delta_{\text{п}} \leq a_i$$

Де $a_i = 0,2$ мм.

Оскільки $\delta < a_i$ ($0,108 < 0,2$)

Отже, оснащення забезпечує задану точність оброблення [28].

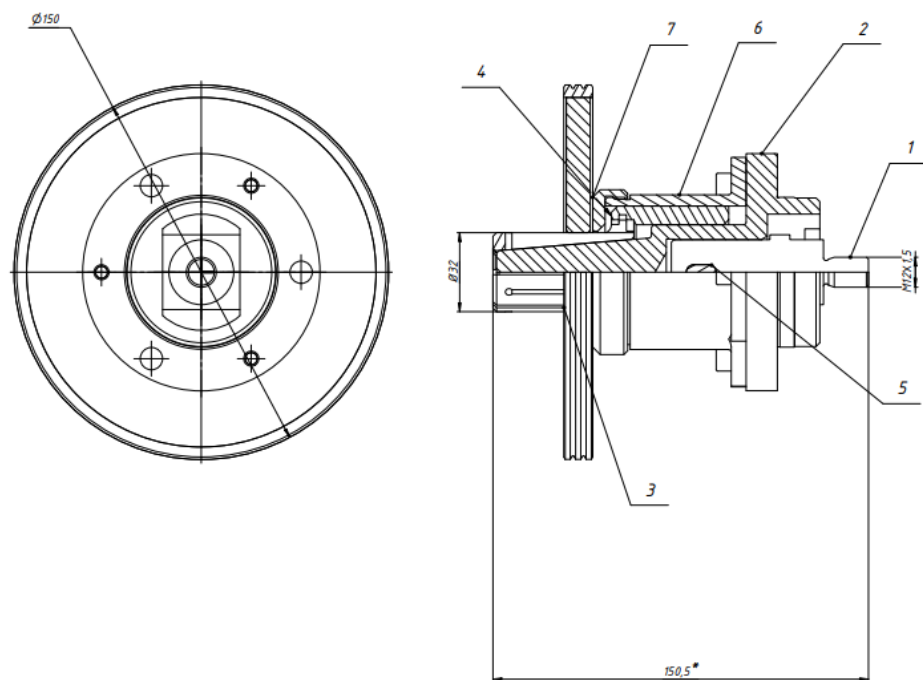


Рисунок 4.2 - Ескіз цангового патрону

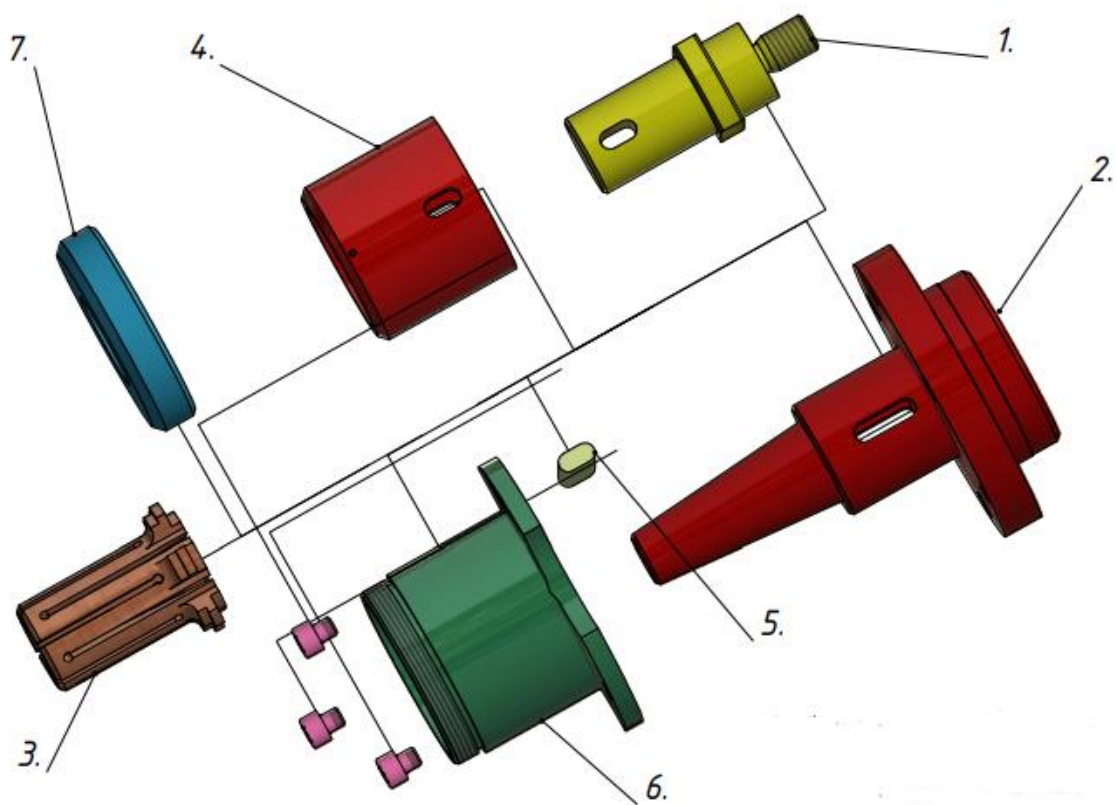


Рисунок 4.3 - Рознесений вид цангового патрону
Пояснення позицій надані в специфікації (Додаток Д).

У створенні різьби шліфувального круга приймає участь 2 інструмента – круг карбіду кремнію зелений та різьбонакатний ролик. Перший в свою чергу попередньо заточується, а в ході роботи, аби не сточитися, підтримує свою форму за допомогою ролика [30].

В залежності від бажань замовника регулюється шорсткість шліфувального круга. Існує 2 види обробки (рис. 5.2), в першому випадку – ролик рухається в один бік з кругом карбіду кремнію зеленим, в іншому за різними напрямками (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Порівняльні характеристики видів оброблення профілю

Характеристика	Обертання кругів за годинниковою стрілкою	Обертання кругів за різними напрямками
Шорсткість при збільшенні швидкості	Зменшується	Зростає
Шорсткість при збільшенні обертів шпинделя	Зростає	Зменшується
Співвідношення швидкостей оброблення	+ 128/488	- 128/488
Шліфування критичних профілів (тонких кругів)	+	-

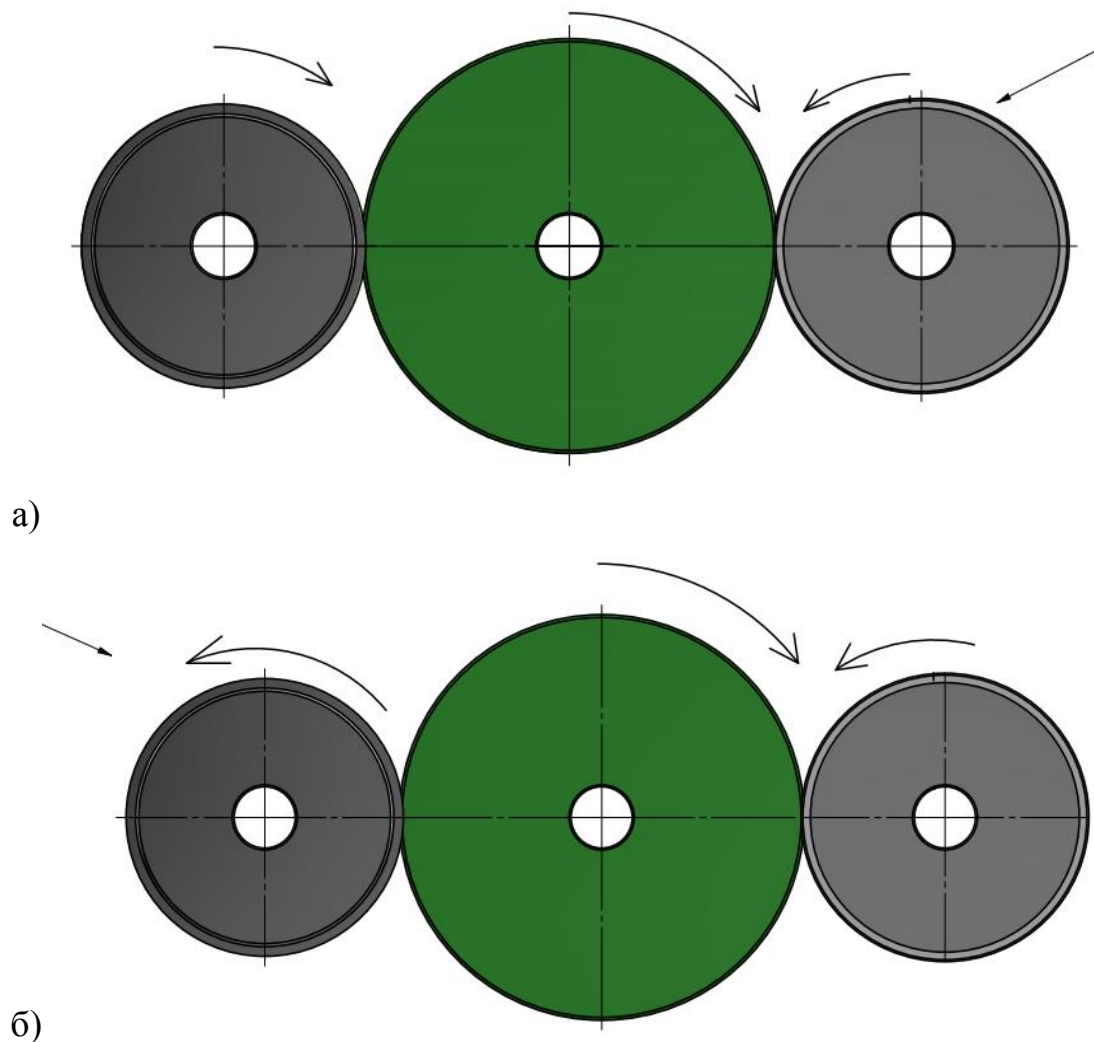


Рисунок 5.2 – Схема обертання кругів: а) в одному напрямі; б) в різних напрямках

Оскільки шліфувальний круг має бути високоточним, то було обраний другий метод різьбоутворення, а саме обертання різьбонакатного ролика та круга карбіду кремнію зеленого за протилежними напрямками.

6. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ОБРОБЛЕННЯ КОРПУСУ КРУГА НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК

Основні переваги верстатів з ЧПК:

Продуктивність верстату підвищується в 1,5-5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами з ручним керуванням;

Поєднана гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного та серійного виробництва;

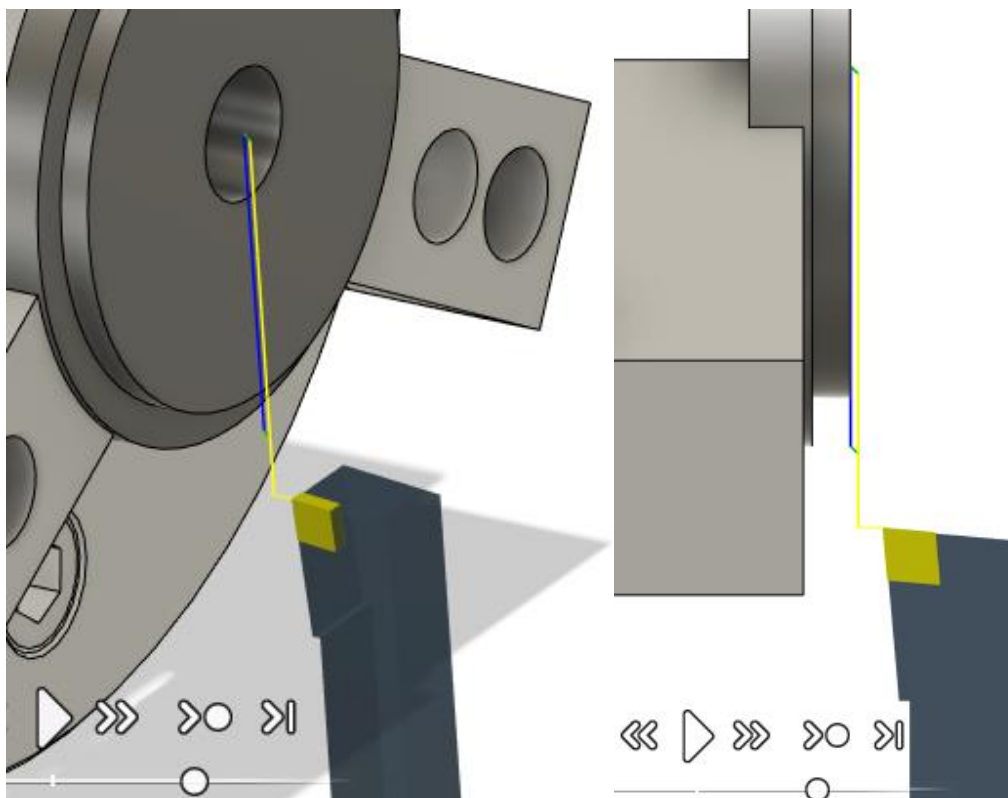
Знижена потреба в кваліфікованих робітниках;

Скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей завдяки централізованому запису програм [31].

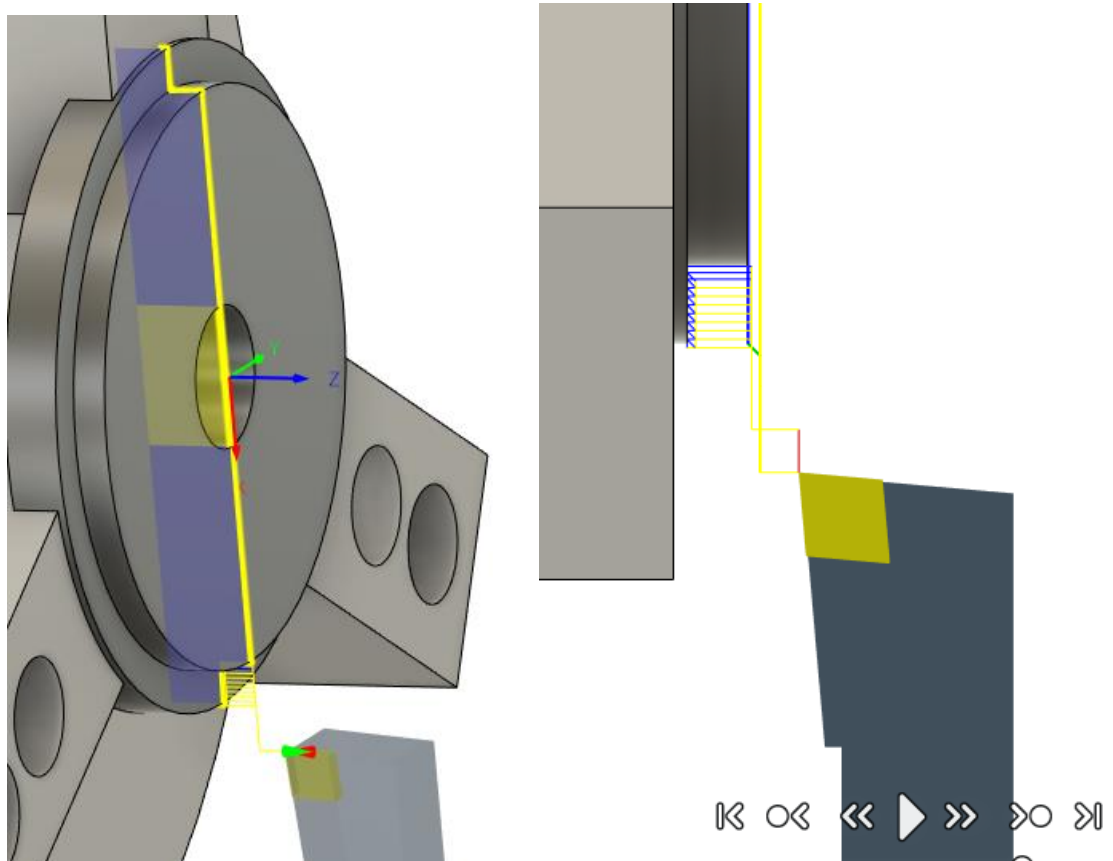
При виготовленні корпусу деталі доцільним є впровадити оброблення корпусу круга саме завдяки верстату з ЧПК, код оброблення наведено в Додатку Б, а карту наладки в Додатку В.

Відповідно до завдання було спроектовано технологічну операцію оброблення на верстаті з ЧПК, яка складається з наступних переходів.

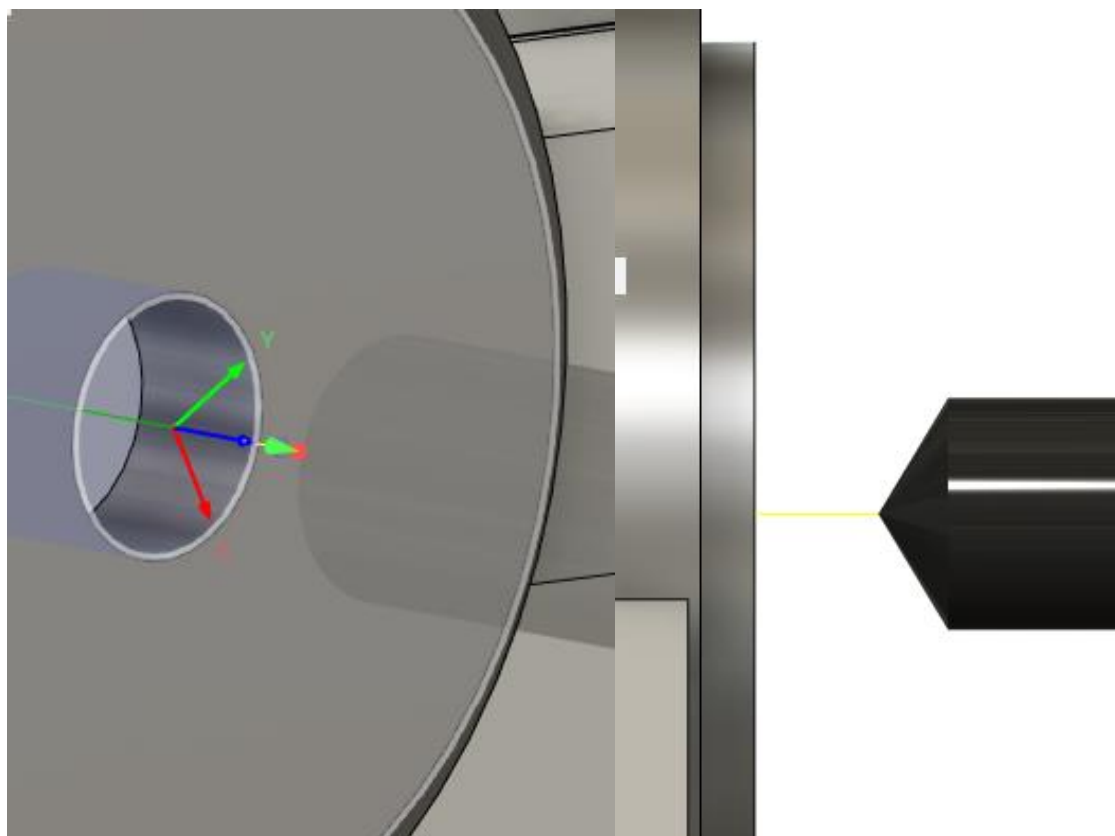
1. Підрізанням торця деталі:




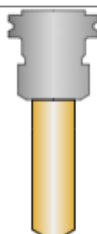
2. Утворення «ступиці»



3. Свердління посадкового отвору



Інструменти, що використовуються для цієї операції та їх коротка характеристика:

Tools			
T2 D0			
TYPE: general turning	MINIMUM Z: -8mm	HOLDER: ISO L Right	
INSERT: ISO C 80deg	MAXIMUM FEED: 635mm/min		
EDGE LENGTH: 9.82mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm		
NOSE RADIUS: 0.2mm	CUTTING DISTANCE: 252.8mm		
CROSS SECTION: T	RAPID DISTANCE: 306.74mm		
TOLERANCE: M	ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:36s (92.2%)		
RELIEF: N 0deg			
COMPENSATION: Tip tangent			
DESCRIPTION: CNMT Right Hand			
T5 D5 L5			
TYPE: drill LIVE	MINIMUM Z: -30.61mm	HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35	
DIAMETER: 30mm	MAXIMUM FEED: 727mm/min	VENDOR: Maritool	
TIP ANGLE: 118°	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1140rpm	PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	
LENGTH: 100mm	CUTTING DISTANCE: 34.61mm		
FLUTES: 1	RAPID DISTANCE: 56.61mm		
	ESTIMATED CYCLE TIME: 4s (0.8%)		

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проєкту було розроблено суперабразивній круг зі спеціальним профілем різьби для оброблення твердосплавного мітчика з ВК8.

Підібрані наступні характеристики шліфувального круга: форма круга 1А1, вид зв'язки – органічна марки В2-01, концентрація алмазу 125%, розмір фракції зерна 40/28мкм., обрано матеріал для корпусу – алюміній АК6 (прокатний).

Розроблено технологічний процес виготовлення круга, що включає не лише операції механічного оброблення, а й операції спікання абразивного шару з подальшим утворенням профілю різьби.

Досліджено методи формування різьби, вплив обертання різьбонакатного ролика та круга карбіду кремнію зеленого на шорсткість різальної поверхні шліфувального круга. Розраховані режими різання.

Удосконалено верстатне оснащення у вигляді цангового патрону, для зменшення похибок оброблення під час роботи інструменту. Створена програма для обробки корпусу круга на верстаті з ЧПК в САМ модулі fusion 360. Змодельований інструмент у САD програмі Inventor, за якою було створено робоче креслення.

Розроблена технологія знайшла своє застосування на реальному виробництві при виготовленні суперабразивних кругів для оброблення спеціального профілю різьби на твердосплавних мітчиках.

Список використаних джерел:

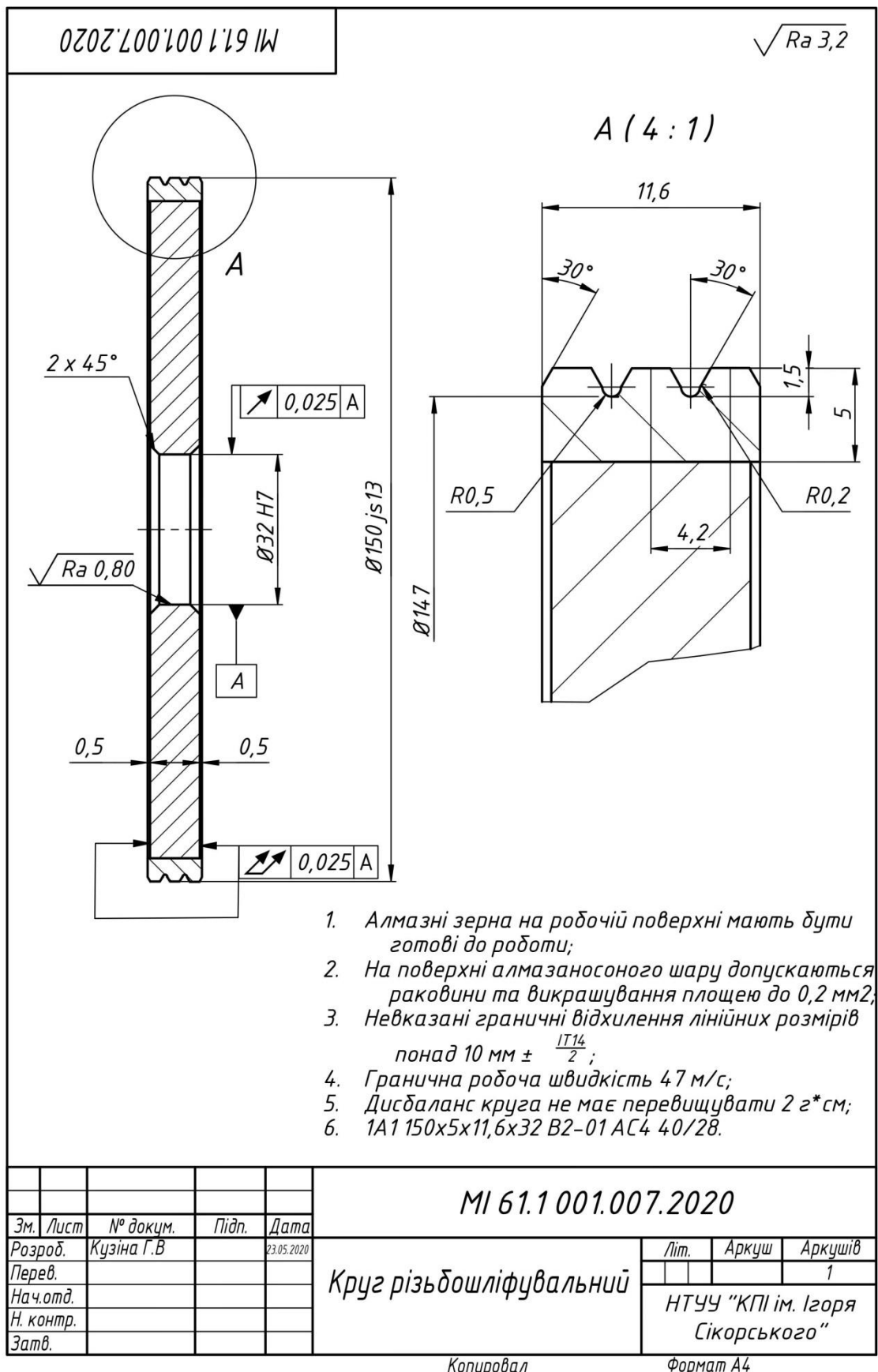
1. Мрочек Ж.А. Процессы шлифования в машиностроении / Ж.А. Мрочек, М.Г. Киселёв, Л.М. Кожуро. – Минск 2013. – 358с.
2. <http://metallurgu.ru/books/item/f00/s00/z0000022/st060.shtml>
3. https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/42595/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%207.pdf
4. <http://bcpl.pto.org.ua/index.php/component/k2/itemlist/category/486-6-tverdi-splavi>
5. <https://studfile.net/preview/7370202/page:18/>
6. Ефрос М.Г. Современные абразивные инструменты / Ефрос М.Г., Миронюк В.С. – Машиностроение, 1987. – 156 с.
7. http://www.tomaltools.ru/html/rekomendatsii_po_vyboru_shlifovalnogo_instrumenta.shtml
8. http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0544&T=14&lng=1&st=0
9. Палей М.М. Технология производства режущего инструмента / Палей М.М. – Москва 1963. – 486 с.
10. <https://pobedit.com.ua/standarts/articles/43-hard-alloys/201-hard-alloys-classification-history-purpose-comparison.html>
11. <https://studref.com/328924/tehnika/rezboshlifovanie>
12. <https://www.info-ua.com/publications/metall/vliyanie-svoistv-abrazivnyh-materialov-na-effektivnost-abrazivnoi-obrabotki.html>
13. file:///C:/Users/Annet%20Kuzina/Downloads/KATALOG-RUS_-2018.pdf
14. Рыбаков В.А. Абразивные инструменты и материалы./Муцянюк В.И., Глаговский Б.А., Тырков В.Н. – НИИмаш, 1981. – 237с.
15. Адашкин А.М. Материаловедение в машиностроении. Часть 2 / Седов Ю.Е., Онегина А.К., Климов В.Н. – Москва 2018. – 290с.
16. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1444

17. <http://docs.cntd.ru/document/gost-16181-82>
18. <http://vsegost.com/Catalog/19/19228.shtml>
19. http://ela.kpi.ua:8080/bitstream/123456789/27830/1/PUMPb-2019_Proceedings-Page152-154.pdf
20. Кремень З.И. Технология обработки абразивным и алмазным инструментом./Буторин Г.И., Коломазин В.М., Сафронов В.Г., Стратиевский Н.Х., Юрьев В.Г. – Машиностроение, 1989. -207с.
21. <http://dzap.dn.ua/uploads/files/6.pdf>
22. <https://firma-tera.com.ua/p48517132-alyuminievyy-krug-100.html>
23. <https://markmet.ru/kniga-po-metallurgii/alyuminievye-splavy-sostav-svoistva-tehnologiya-primenenie>
24. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/586/1/%D0%A0%D0%90%D0%A1%D0%A7%D0%95%D0%A2%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%9F%D0%A3%D0%A1%D0%9A%D0%9E%D0%92%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%91%D0%A0%D0%90%D0%91%D0%9E%D0%A2%D0%9A%D0%A3%D0%94%D0%95%D0%A2%D0%90%D0%9B%D0%95%D0%99.pdf>
25. <http://docs.cntd.ru/document/gost-19548-88>
26. <https://bigl.ua/p796990995-rezets-tokarnyj-dlya>
27. http://wwwcdl.bmstu.ru/mt2/danilenko/Danilenko_Zubkov.htm#%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B513
28. http://window.edu.ru/resource/937/76937/files/raschet_rejimov_rezani_ja_posobie_2009.pdf
29. <http://www.ce-studbaza.ru/schriebe.php?id=579>
30. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294730/4294730207.pdf>
31. <http://docs.cntd.ru/document/1200005485>
32. <https://knowledge.allbest.ru/manufacture/c-2c0a65625a2bc69a4d43b88521206d27.html>
33. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1318364O/3m-molettes-de-dressage-pdf.pdf>

34. https://www.drkaiser.com/fileadmin/user_upload/drkaiser_de/documents/EN/DR-KAISER-Dressing-of-Grinding-Wheels.pdf
35. <http://delta-grup.ru/bibliot/35/10.htm>

ДОДАТКИ

Додаток А



Копіював

Формат А4

Додаток Б

Керуюча програма для верстату з ЧПК

; %_N_ANIA_CNC_MPF

N10 G90 G94 G18

N11 G71

N12 LIMS=6000

N13 G53 G0 X0.

; Face2

N14 T2 D1

N15 G54

N16 M8

N17 G95

N18 G97 S171 M3

N19 G0 X170. Z5

N20 G96 S91 M3

N21 LIMS=5000

N22 G0 Z0.614

N23 X150.

N24 G1 X142.828 F0.127

N25 X140. Z-0.8

N26 X-0.4

N27 X2.428 Z0.614

N28 G0 X150.

N29 Z0.414

N30 G1 X142.828 F0.127

N31 X140. Z-1

N32 X-0.4

N33 X2.428 Z0.414

N34 G0 X170.

N35 Z5

N36 G97 S171 M3

; Profile Roughing2

N37 G95

N38 G97 S182 M3

N39 G0 X160. Z5

N40 G96 S91 M3

N41 LIMS=5000

N42 G0 Z-0.5

N43 X139.

N44 G1 Z-8 F0.127

N45 X141.

N46 G0 Z-0.5

N47 X137.

N48 G1 Z-8 F0.127

N49 X139.

N50 X141. Z-7

N51 G0 Z-0.5

N52 X135.

N53 G1 Z-8 F0.127

N54 X137.

N55 X139. Z-7

N56 G0 Z-0.5

N57 X133.

N58 G1 Z-8 F0.127

N59 X135.

N60 X137. Z-7

N61 G0 Z-0.5

N62 X131.

N63 G1 Z-8 F0.127

N64 X133.

N65 X135. Z-7

N66 G0 Z-0.5

N67 X129.

N68 G1 Z-8 F0.127

N69 X131.

N70 X133. Z-7

N71 G0 Z-0.5

N72 X127.

N73 G1 Z-8 F0.127

N74 X129.

N75 X131. Z-7

N76 G0 Z-0.5

N77 X125.

N78 G1 Z-8 F0.127

N79 X127.

N80 X129. Z-7

N81 G0 Z-0.5

N82 X123.5

N83 G1 Z-8 F0.127

N84 X125.

N85 X127. Z-7

N86 G0 Z-0.5

N87 X122.

N88 G1 Z-8 F0.127

N89 X123.5

N90 X125.5 Z-7

N91 G0 X141.

N92 Z-0.5

N93 X160.

N94 Z5

N95 G97 S182 M3

N96 M9

N97 G53 X0.

; Drill1

N98 M1

N99 T5 D1

N100 G54

N101 G94

N102 G97 S1140 M3

N103 G0 X0. Z15

N104 F727

N105 CYCLE81(5, -1, 5, -30.613,)

N106 X0.

N107 G0 Z15

N108 G53 X0.

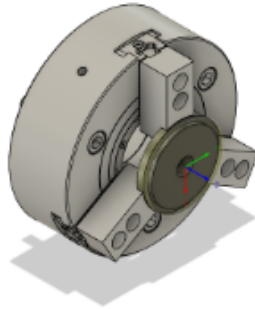
N109 G53 Z0

N110 M30


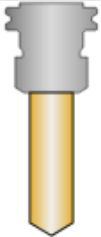
Додаток В

Setup Sheet for Program 1001

JOB DESCRIPTION: Setup2
DOCUMENT PATH: Ania v7

Setup	
<p>WCS: #0</p> <p>STOCK:</p> <p>DX: 140mm</p> <p>DY: 140mm</p> <p>DZ: 19.6mm</p> <p>PART:</p> <p>DX: 140mm</p> <p>DY: 140mm</p> <p>DZ: 18.6mm</p> <p>STOCK LOWER IN WCS #0:</p> <p>X: -70mm</p> <p>Y: -70mm</p> <p>Z: -19.6mm</p> <p>STOCK UPPER IN WCS #0:</p> <p>X: 70mm</p> <p>Y: 70mm</p> <p>Z: 0mm</p>	

Total
<p>NUMBER OF OPERATIONS: 3</p> <p>NUMBER OF TOOLS: 2</p> <p>TOOLS: T2 T5</p> <p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -30.61mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 727mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 287.41mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 363.36mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 7m:10s</p>

Tools			
<p>T2 D0</p> <p>TYPE: general turning</p> <p>INSERT: ISO C 80deg</p> <p>EDGE LENGTH: 9.82mm</p> <p>NOSE RADIUS: 0.2mm</p> <p>CROSS SECTION: T</p> <p>TOLERANCE: M</p> <p>RELIEF: N 0deg</p> <p>COMPENSATION: Tip tangent</p> <p>DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	<p>MINIMUM Z: -8mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 635mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 252.8mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 306.74mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:36s (92.2%)</p>	<p>HOLDER: ISO L Right</p>	
<p>T5 D5 L5</p> <p>TYPE: drill LIVE</p> <p>DIAMETER: 30mm</p> <p>TIP ANGLE: 118°</p> <p>LENGTH: 100mm</p> <p>FLUTES: 1</p>	<p>MINIMUM Z: -30.61mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 727mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1140rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 34.61mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 56.61mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 4s (0.8%)</p>	<p>HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>VENDOR: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	

Operations			
Operation 1/3 DESCRIPTION: Face2 STRATEGY: Turning Face WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 0.8mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -1mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 155.57mm RAPID DISTANCE: 176.74mm ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:8s (43.9%) COOLANT: Flood	T2 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 2/3 DESCRIPTION: Profile Roughing2 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -8mm SURFACE SPEED: 91m/min FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 97.23mm RAPID DISTANCE: 130mm ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:28s (48.3%) COOLANT: Flood	T2 D0 TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.82mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 3/3 DESCRIPTION: Drill1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -30.61mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1140rpm MAXIMUM FEEDRATE: 727mm/min CUTTING DISTANCE: 34.61mm RAPID DISTANCE: 56.61mm ESTIMATED CYCLE TIME: 4s (0.8%) COOLANT: Off	T5 D5 L5 TYPE: drill LIVE DIAMETER: 30mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 100mm FLUTES: 1	

Додаток Г

ТЕЗИ Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, МАУ 7, 2019 – МАУ 31, 2019.

Особенности изготовления абразивных кругов на органической связке
Г. В. Кузина, В. А. Кузин, Д. Ю. Джулий

Для производства кругов на органической связке принято использовать фенолформальдегидную смолу, как правило, это смолы марки СФП-011А. Эту марку смолы применяют в качестве связующего в производстве огнеупоров, абразивных и фрикционных изделий. Смола находится в порошкообразном состоянии и при нагревании переходит в жидкое (гелеобразное) состояние, затем твердеет при 180 °С без возможности повторного расплавления [1].

Для производства абразивных кругов смолу смешивают с алмазными синтетическими порошками или порошками кубического нитрида бора (КНБ), другими абразивными порошками и наполнителями. Алмазные и КНБ порошки характеризуются твёрдостью, размером зерна, а также покрытием с никелем или без. Для кругов на органической связке используют порошки марки АС4-АС6, более твёрдые порошки такие как АС-АС32 и выше использовать не целесообразно.

Шлифовальные круги на органических связках идеально подходят для обработки твёрдых сплавов таких как: ВК6, ВК9 и ему подобных, стекла, драгоценных и полу драгоценных камней, оксидов кремния и алюминия, особо твёрдых марок сталей таких как быстрорежущие стали.

При производстве алмазного абразивного круга на органической связке необходимо знать обрабатываемый материал, какую необходимо получить шероховатость поверхности, а также скорость обработки. Твёрдость алмазного порошка подбирается конкретно под обрабатываемый материал. Для твёрдых сплавов обычно применяют порошок марки АС4, для драгоценных и полудрагоценных кристаллов используют более твёрдый порошок марки АС6. Зная, какую необходимо получить шероховатость поверхности, есть возможность подобрать размер зерна алмазного порошка. Для твёрдых сплавов используют размеры зерна от 160 до 40 мкм, для обработки кристаллов используют зерно от 60 до 1 мкм. Для обработки твёрдого сплава в стандартных режимах с применением смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) используют алмазные порошки с никелевым покрытием. Никелевое покрытие необходимо для лучшего удержания алмаза в связке. Это позволяет увеличить стойкость круга, повысить производительность, улучшить качество обрабатываемой поверхности, исключить

прижоги. Концентрацию порошка применяют 100% что на кругу обозначается С4 (75% - С3, 125% - С5). Концентрация алмазного порошка С3 позволяет быстрее и производительнее обрабатывать деталь. Стойкость круга в таком случае значительно снижается. При концентрации С5 обрабатывают кристаллы твёрдых пород таких как: рубины, алмазы, нитрид кремния, оксид алюминия. Так же концентрация С5 используется для кругов с повышенной стойкостью профиля.

Кроме смолы СФП-011А и алмазного порошка в связку «шихту», вводят добавки различных типов для получения особых свойств круга при шлифовании. Очень важную роль на процесс шлифования оказывают материалы, которые называют «подшлифовочными», к ним относят порошки оксида алюминия, карбида кремния, нитрида бора. Порошки оксида алюминия применяются вместе с КНБ вместо алмаза, для обработки сталей средней твёрдости. Для обработки быстрорежущих сталей применяют подшлифовочный порошок из карбида кремния. Для обработки твёрдых сплавов применяют порошки из карбида кремния и нитрида бора вместе с алмазным порошком. Тут необходимо произвести уточнение. Круги с алмазным и КБН порошками относятся к суперабразивным кругам и технология их производства одинакова. Исключением является то, что алмазными кругами нельзя обрабатывать стали. Для этого используют круги с КНБ.

В связи с тем, что фенольные смолы могут выдерживать не слишком высокие температуры (до 300-350 °С), необходимо применять меры по снижению температур в зоне резания. Для этого в шихту добавляют материалы для отвода тепла из зоны резанья, такие как: порошок меди, порошок олова, железа. Добавка этих материалов позволяет на 30 и более процентов лучше отводить тепло из зоны резанья, распределять тепло по поверхности всего круга. Это позволяет увеличить стойкость круга, производительность, убрать прижоги.

Не менее важными материалами являются сухие смазки, такие как: нитрид бора, диселенид и дисульфат молибдена, графит и другие. Эти смазки позволяют резко уменьшить силы трения между абразивным кругом и обрабатываемой деталью, что приводит к снижению температуры в зоне резанья, более высокой производительности круга.

Существуют добавки, которые позволяют получить более хрупкий связующий слой или наоборот более мягкий и вязкий, более хрупкие используются для обработки твёрдых сплавов и сталей, более мягкие для обработки кристаллов и стекла. Например, для обработки поликристаллов алмаза – PCD используют связки с добавлением крошки резины. Это позволяет исключить малейшие прижоги, так как материал PCD очень дорогостоящий, необходимо исключить любой брак при обработке. И наоборот, для обработки твёрдых сплавов без СОЖ добавляют порошок стекла с низкой температурой плавления. При сухом шлифовании

образуются высокие температуры в зоне резанья, стекло расплавляется и выполняет функцию смазки, так же, в ячейку где был кристалл стекла попадают отходы из зоны резанья, что позволяет выводить быстрее шлам, а также связки при добавлении стекла получают более хрупкие.

Ключові слова

абразивный круг; алмазный порошок; связка; обработка твердого сплава

Посилання

1. Связующие фенольные порошки (Электронный ресурс): <http://ukr-resins.com/2010/12/svyazuyushhie-fenolnye-poroshkovye/>

Додаток Д

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
A2			ДП 61-1.05.001.ТК	Збірний кресленик	1	
				Деталі		
		1	ДП 61-1.05.002.ТК	Витяжний гвинт	1	
		2	ДП 61-1.05.003.ТК	Оправка	1	
		3	ДП 61-1.05.004.ТК	Муфта	1	
		4	ДП 61-1.05.005.ТК	Направляюча втулка	1	
		5	ДП 61-1.05.006.ТК	Клин	1	
		6	ДП 61-1.05.007.ТК	Стопорний рукав	1	
		7	ДП 61-1.05.008.ТК	Фіксатор	1	
				Стандартні вироби		
		8		Гвинт DIN 912 М6х6	3	

[illegible]

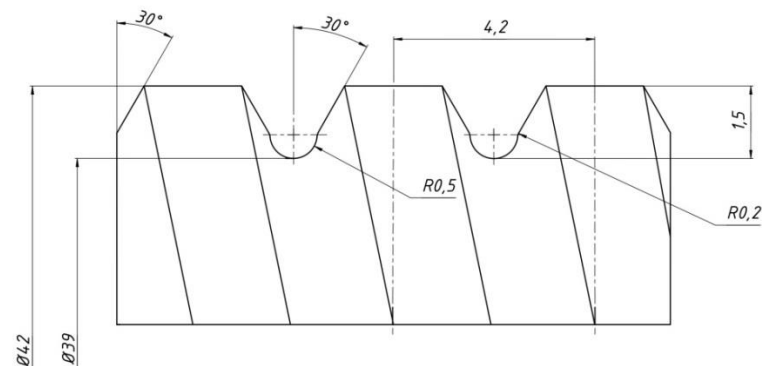
Абразивне оброблення профілю твердосплавного мітчика

1. Профіль різальної частини

2. Корпус

3. Посадковий отвір

Профіль різьби різального інструменту – мітчика



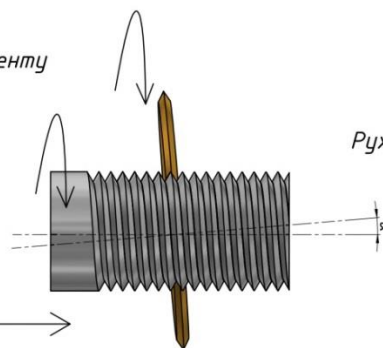
4. Алмазоносний шар

Способи обробки різьби

Нарізання різьби
одноритковим шліфувальним
кругом

Рух інструменту

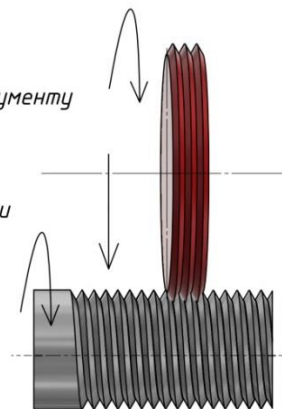
Рух
заготовки



Нарізання різьби дворитковим
циліндричним кругом

Рух інструменту

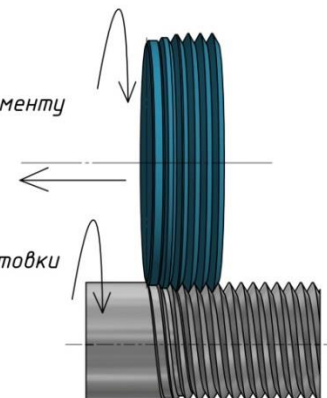
Рух заготовки



Нарізання різьби багаторитковим
конічним кругом

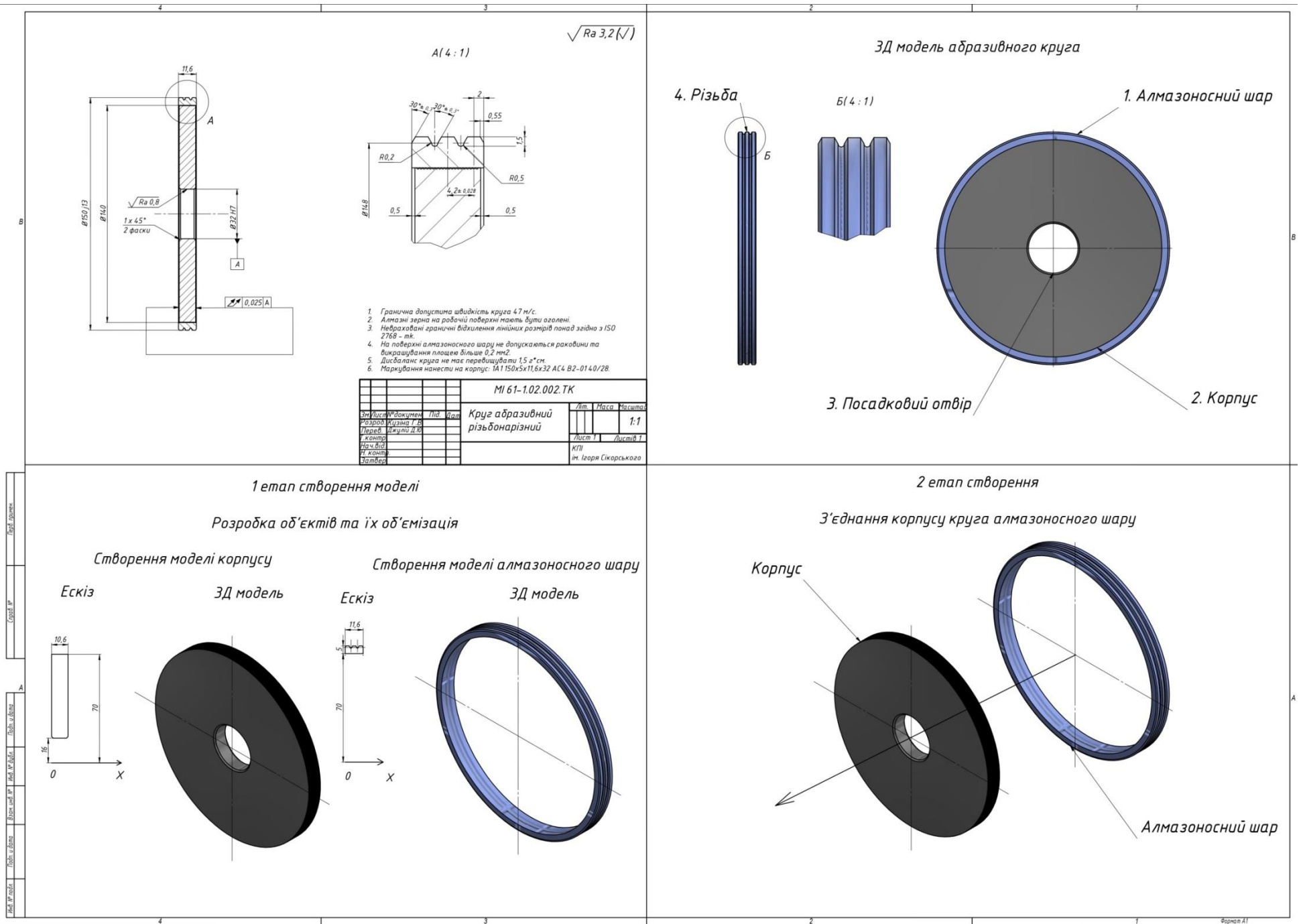
Рух інструменту

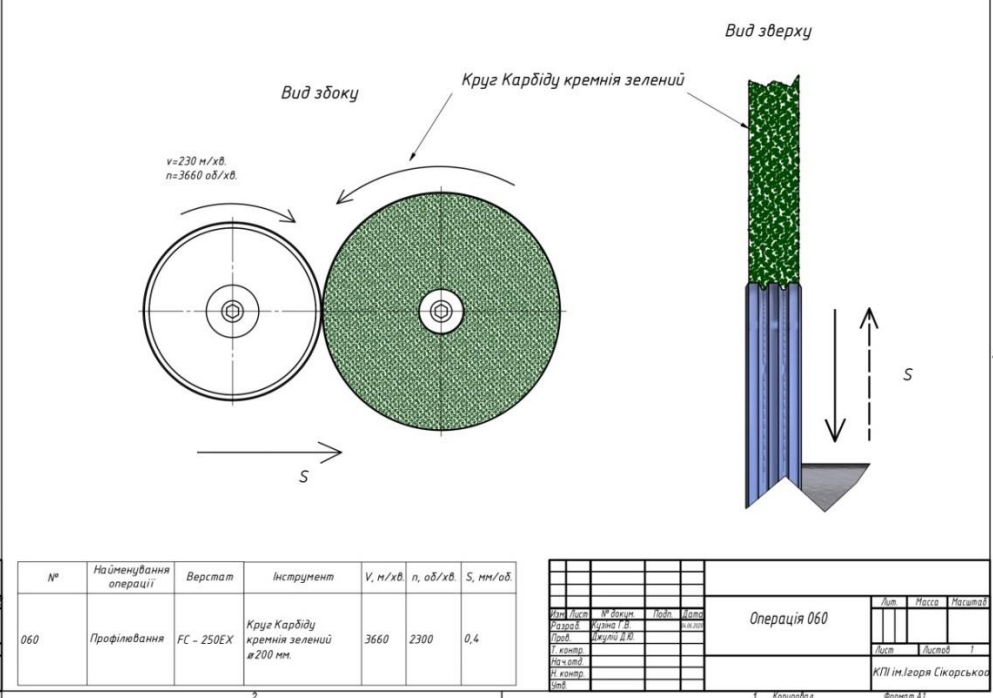
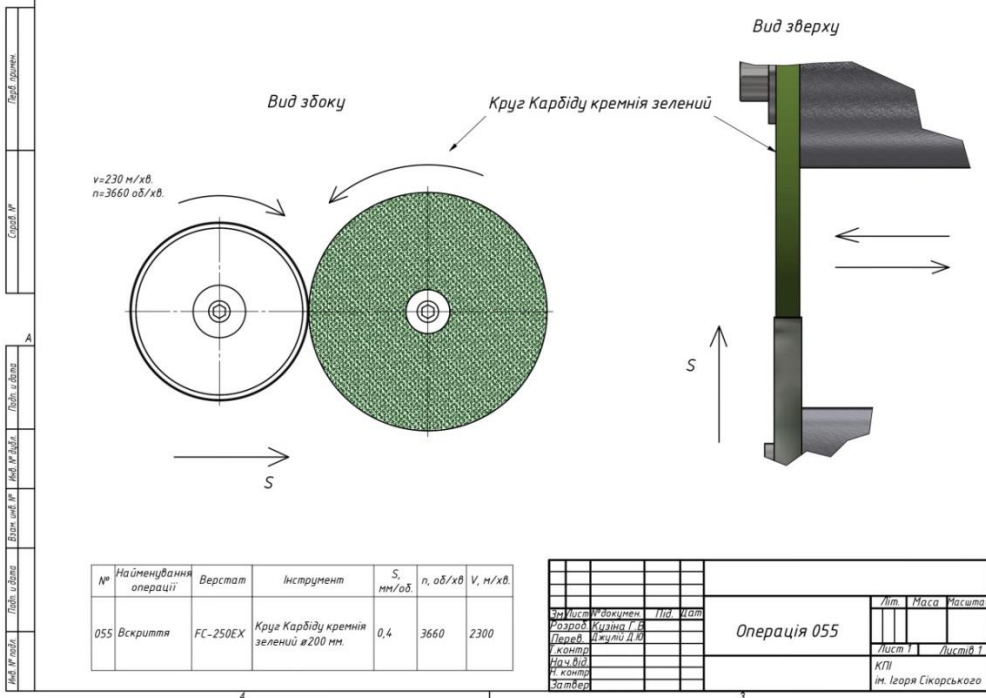
Рух заготовки



Властивості	АС	КНБ
Мікротвердість, гПа	84,4-98,4	78,5-98,1
Щільність	3,48...3,56	3,45...3,49
Коефіцієнт теплопровідності при t=0°C	146,6	41,9
Температурна межа стійкості, °C	700...800	1300...1500
Модуль пружності, гПа	900	720
Межа міцності, гПа		
на згин	0,21...0,49	-
на стиск	2	0,5
Питома теплоємність, Дж/кг	502,8	670,4
Коефіцієнт лінійного розширення,	0,9-1,45	2,1-2,2

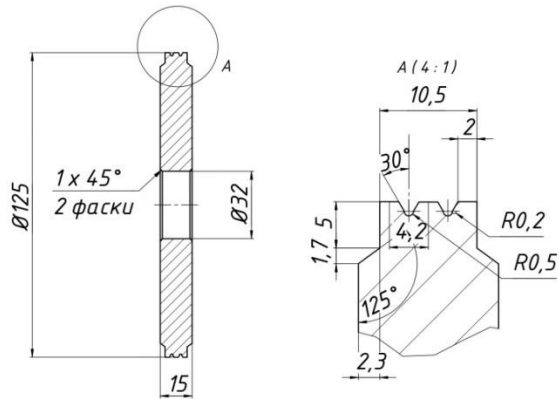
Тип зв'язки	Марка	Рекомендовані операції
Органічна	B1-01, B1-03, B1-04	Профільне шліфування, получистове та чистове шліфування, заточування твердосплавного інструменту
Органічна (алмаз з покриттям нікелем)	B2-01, B1-03, B1-04	Чистове заточування твердосплавного інструменту, без охолодження, чистове шліфування твердосплавного інструменту
Органічна (алмаз без покриття)	B2-01, B3-16	Доведення шліфування, заточування, полірування твердосплавного інструмента та деталей
Металічна підвищеної продуктивності	M3-12	Получистове високопродуктивне шліфування твердосплавного інструмента
Металічна підвищеної стійкості	M2-01, M2-02, M2-05,	Получистове та профільне шліфування твердосплавного інструменту





Формування різьди алмазонасного шару роликом та кругом карбіду кремнія зеленого

Ескіз різьбонакатного ролика К1А1



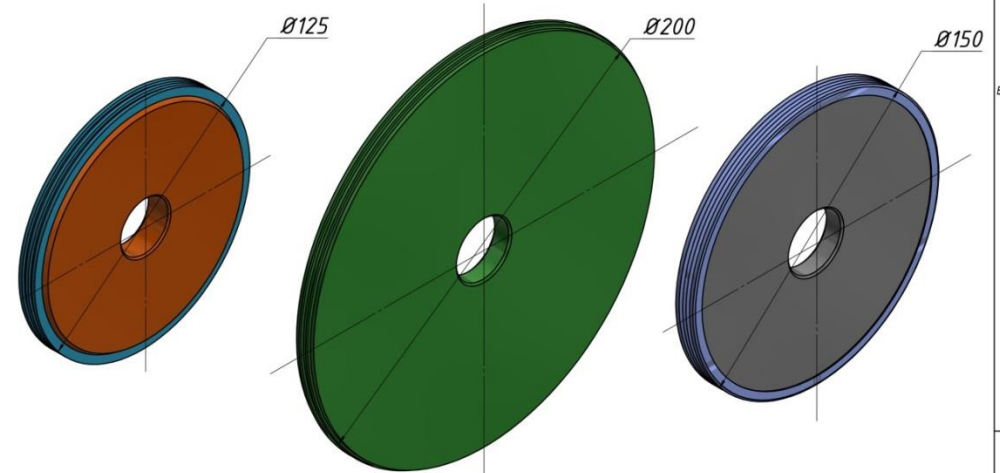
Основні характеристики ролика

Тип	NCG
Метод виготовлення	гальваностегія
Форма профілю	NC20
Розміщення алмазів на поверхні різальної кромки	хаотично
Зв'язка	нікелева
Розмір фракції	25/30

Ролик різьбонакатний К1А1

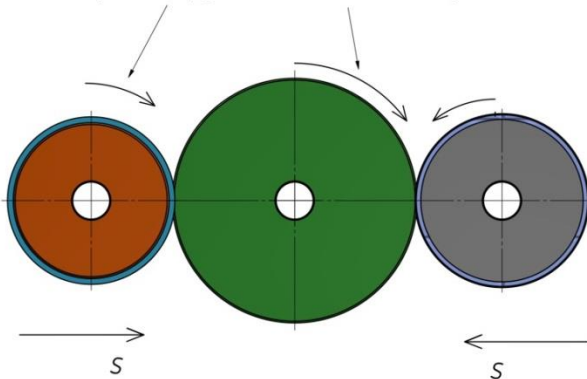
Круг карбіду кремнія зелений 60СПП

Різьбошліфувальний круг 1А1



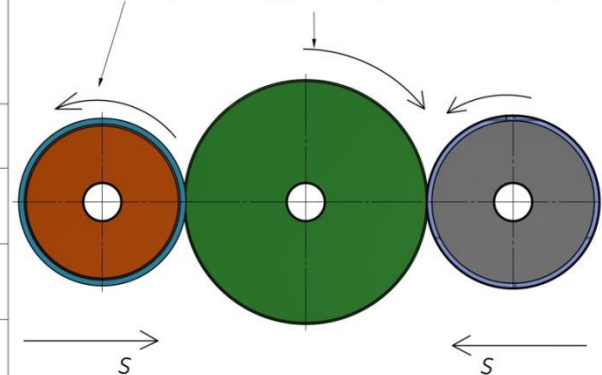
Вплив напрямку обертів ролика та круга карбіду кремнія зеленого

Обертання кругів за годинниковою стрілкою



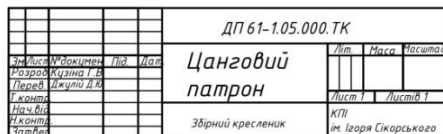
Характеристика	Обертання кругів за годинниковою стрілкою	Обертання кругів за протилежним напрямком
Шорсткість при збільшенні швидкості	Зменшується	Зростає
Шорсткість при збільшенні обертів шпинделя	Зростає	Зменшується
Співвідношення швидкостей оброблення	+ 128/488	- 128/488
Шліфування критичних профілів (тонких кругів)	+	-

Обертання кругів за протилежним напрямком



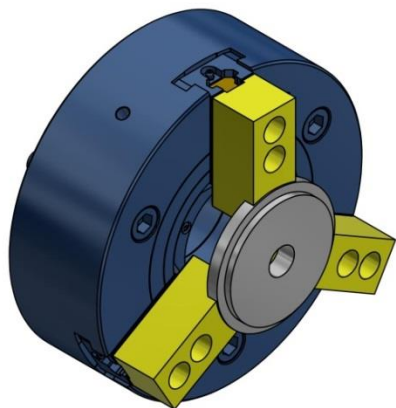
Вид зверху





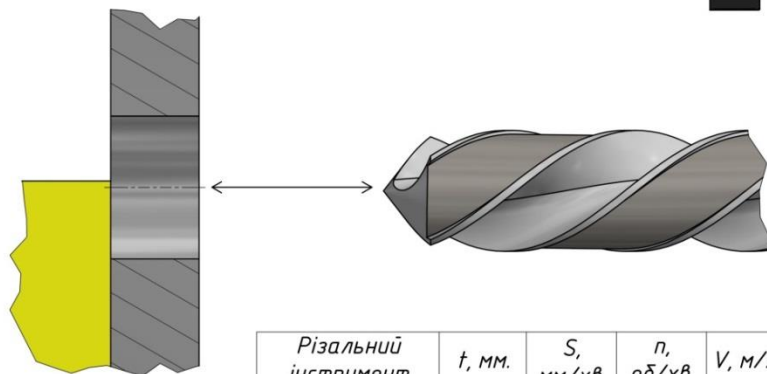
$$P_3 = 0. \quad P_{3H} = 0,01 \text{ (MM)} \quad P = 1,2 \cdot \sqrt{P_6^2 + P_3^2 + P_{np}^2} = 1,2 \cdot \sqrt{0,0125^2 + 0^2 + 0,02^2} = 0,028 \text{ (MM)}$$

3Д модель оснащення з оброблюваною деталлю



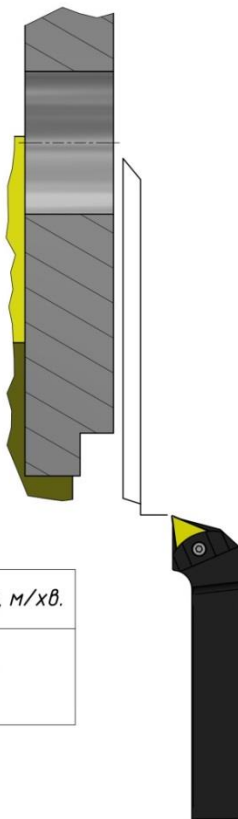
Різальний інструмент	t, мм.	S, мм/об.	n, об/хв.	V, м/хв.
Різець прохідний відігнутий DWLNR2525M08	1	0,127	171	91

3. Свердління отвору



Різальний інструмент	t, мм.	S, мм/хв.	n, об/хв.	V, м/хв.
Свердло ø30 ГОСТ 19548-88	1	727	1140	107

1. Проточування торця

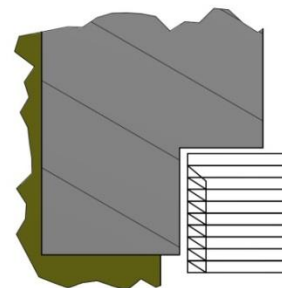


% N ANIA CNC MPF
N10 G90 G94 G18
N11 G71
N12 LIMS=6000
N13 G53 G0 X0.

; Face2
N14 T2 D1
N15 G54
N16 M8
N17 G95
N18 G97 S171 M3
N19 G0 X170. Z5
N20 G96 S91 M3
N21 LIMS=5000
N22 G0 Z0.614
N23 X150.
N24 G1 X142.828 F0.127
N25 X140. Z-0.8
N26 X-0.4
N27 X2.428 Z0.614
N28 G0 X150.
N29 Z0.414
N30 G1 X142.828 F0.127
N31 X140. Z-1
N32 X-0.4
N33 X2.428 Z0.414
N34 G0 X170.
N35 Z5
N36 G97 S171 M3

; Drill1
N98 M1
N99 T5 D1
N100 G54
N101 G94
N102 G97 S1140 M3
N103 G0 X0. Z15
N104 F727
N105 CYCLE81(5, -1, 5, -30.613,)
N106 X0.
N107 G0 Z15
N108 G53 X0.
N109 G53 Z0
N110 M30

2. Точіння ступиці



; Profile
Roughing2
N37 G95
N38 G97 S182 M3
N39 G0 X160. Z5
N40 G96 S91 M3
N41 LIMS=5000
N42 G0 Z-0.5
N43 X139.
N44 G1 Z-8 F0.127
N45 X141.
N46 G0 Z-0.5
N47 X137.
N48 G1 Z-8 F0.127
N49 X139.

N50 X141. Z-7
N51 G0 Z-0.5
N52 X135.
N53 G1 Z-8 F0.127
N54 X137.
N55 X139. Z-7
N56 G0 Z-0.5
N57 X133.
N58 G1 Z-8 F0.127
N59 X135.
N60 X137. Z-7
N61 G0 Z-0.5
N62 X131.
N63 G1 Z-8 F0.127
N64 X133.
N65 X135. Z-7
N66 G0 Z-0.5
N67 X129.
N68 G1 Z-8 F0.127
N69 X131.
N70 X133. Z-7
N71 G0 Z-0.5
N72 X127.
N73 G1 Z-8 F0.127
N74 X129.
N75 X131. Z-7
N76 G0 Z-0.5
N77 X125.
N78 G1 Z-8 F0.127
N79 X127.
N80 X129. Z-7
N81 G0 Z-0.5
N82 X123.5
N83 G1 Z-8 F0.127
N84 X125.
N85 X127. Z-7
N86 G0 Z-0.5
N87 X122.
N88 G1 Z-8 F0.127
N89 X123.5
N90 X125.5 Z-7
N91 G0 X141.
N92 Z-0.5
N93 X160.
N94 Z5
N95 G97 S182 M3
N96 M9
N97 G53 X0.

Різальний інструмент	t, мм.	S, мм/об.	n, об/хв.	V, м/хв.
Різець прохідний відігнутий SCACL 0808 E06	1	0,127	182	91

